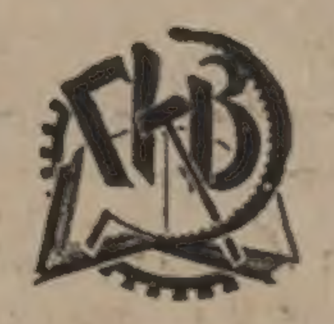


А. П. ПАВЛОВ
Профессор I-го Московского государств. университета

ПРИРОДА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ЯПОНИИ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

ПРИРОДА И КУЛЬТУРА

Выпускаемая в свет Государственным Издательством новая серия книг под общим названием „Природа и Культура" имеет целью дать читателю, владеющему уже некоторой научной подготовкой, в доступной, но строго научной форме ясное представление о достижениях науки во всех отраслях естествознания, медицины, техники и сельского хозяйства. Сочинения наиболее выдающихся русских и иностранных писателей должны дать яркое представление о том, как человек проникает в строение и механизм мертвой и живой природы, овладевает ее законами и налагает на нее яркий отпечаток культуры.

ВЫШЛИ В СВЕТ:

1. Я. Юнг. — Солнце. Перевод под редакцией и с дополнениями акад. *А. А. Белопольского*. Стр. 232 + VIII. Ц. 2 р.
2. Аскания-Нова. — Сборник статей под редакцией *М. М. Завадовского и Б. К. Фортунатова*. Стр. 376 + VIII.
3. Ф. Содди. — Радий и строение атома. Перевод с последнего английского издания под редакцией *Н. А. Шилова*. Стр. 256 + VIII.
4. А. П. Павлов. — Природа землетрясений и землетрясение в Японии. Стр. 102.

ПЕЧАТАЮТСЯ:

Св. Аррениус. — Химия и современная жизнь.
П. П. Лазарев. — Курская магнитная аномалия.
Р. Гольдшмидт. — Введение в учение о жизни.
Кресси. — Современная машина.
Т. Сведберг. — Материя.

ПРИРОДА И КУЛЬТУРА

КНИГА ЧЕТВЕРТАЯ

А. П. ПАВЛОВ

ПРОФЕССОР I-ГО МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВ. УНИВЕРСИТЕТА

ПРИРОДА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

И

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ЯПОНИИ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА

Гиз № 5727. Главлит № 16746. Москва. Напеч. 4.000 экз.

Госиздат, 1-я Образцовая тип., Пятницкая, 71.

ВВЕДЕНИЕ.

Эта книжка имеет задачей дать читателю ясное понятие о том, что́ представляют собою катастрофы, называемые землетрясениями, как об'ясняет наука причины, их вызывающие, какие области земли особенно часто посещаются землетрясениями и почему некоторые области особенно ими излюблены.

Так как к числу таких областей принадлежит Япония, то естественно, что японские землетрясения, в том числе и сентябрьское землетрясение этого года, должны были остановить на себе бо́льшее внимание, чем землетрясения других стран; для об'яснения причин, их обусловливающих, явилась необходимость остановиться и на внутреннем геологическом строении японской земли и ближайших к ней частей Азиатского материка, история образования которых тесно связана с геологической историей Японии.

Так как для уяснения природы землетрясений и их связи с внутренним строением потрясаемых стран приходится говорить о геологических напластованиях и геологических временах, то для облегчения наглядного представления о них здесь дается таблица геологических подразделений как для времени, так и для наслоений. Она, быть может, поможет читателю, мало знакомому с геологией, справившись с таблицей и дополнением к ней, легче представить себе степень отдаленности той или иной эпохи от настоящего времени и относительную продолжительность разных геологических эпох.

Геология научила нас узнавать порядок и последовательность возникновения горных цепей, формирования континентов, океанов и морей, определять время, когда были на земле холодные ледниковые эпохи и когда особенно усиленно проявлялась деятельность вулканов. Мы знаем, когда и при каких условиях возник каждый крупный элемент рельефа нашей суши и, если в эпоху его возникновения уже существовал на земле живой органиче-

ский мир, мы знаем, когда и в каких условиях его представители жили и на суше и в морях того времени.

Наиболее распространенные в поверхностных толщах земли каменные и землистые породы отложились в морях и озерах в различные геологические периоды. Осадочные породы, то сохранившиеся в неизменном положении со времени их образования, то приподнятые или смятые в складки или переместившиеся на разные уровни по линиям разломов, расположение вулканов вдоль этих разломов, характер морских берегов и рельеф морского дна, географическое распределение животных на материках и близлежащих островах — все это документы, по которым геолог может восстанавливать те многообразные изменения, которые переживала данная область земли с отдаленнейших геологических времен и до наших дней.

Раз'яснять геологическую историю страны, это—задача трудная и сложная. Эпизоды этой истории распутываются по частям, новые исследования исправляют и дополняют то, что было дознано раньше, или завоевывают для науки новые области, история которых ранее была совершенно неизвестна.

Приводимая здесь таблица представляет результаты этой длительной работы многих поколений геологов, сведенные в самую краткую схему. Крупные подразделения этой схемы называют эрами, когда говорят о времени, и—группами, когда речь идет о самых наслоениях; подразделения эр называют периодами, когда говорят о времени; системами слоев называют отложения, образовавшиеся в соответствующий период. Более дробные подразделения здесь не приводятся.

В этой таблице изменения земли и жизни показаны начиная с новых и нисходя к более древним временам. Чтобы получить картину этих изменений в их хронологической последовательности, лучше просматривать таблицу в обратном порядке, начиная с древнейшей архейской эры.

Новая, или кенозойная эра (группа).	**Послетретичный, или четвертичный период.** Растительный и животный мир становится близким к нынешнему и в него переходит. Уже в начале периода существуют остатки и следы деятельности человека, его культура постепенно развивается. Период завершается ныне длящимся историческим временем. Страны северного полушария пережили в этот период три длительные эпохи холодов и развития ледников (ледниковые эпохи).

Новая, или кенозойная эра (группа).

Третичный период.

Исчезают аммониты, белемниты и многие семейства и роды моллюсков средней эры, и морское население приобретает характер, близкий к нынешнему. Исчезают рептилии, характерные для средней эры, остаются крокодилы, черепахи, ящерицы и змеи. Цветковые растения достигают пышного развития, появляются птицы современного типа. Млекопитающие с самого начала периода оказываются очень богато представленными, в продолжение периода одни отряды, семейства и роды их сменяются другими, все более близкими к нынешним. Большого разнообразия достигают также костистые рыбы.

Климат в Европе был тропический в начале периода, а в конце периода наступила первая сравнительно слабая ледниковая эпоха. Величайшие горные цепи Европы и Азии (Альпы, Пиренеи, Кавказ, Гималаи), начавшие возникать в среднюю эру, достигли в этот период своей наибольшей высоты и полного развития. Вулканическая деятельность проявлялась очень сильно.

Средняя, или мезозойная эра (группа).

Меловой период.

Аммониты и белемниты в конце периода исчезают. Рептилии продолжают господствовать до конца периода. Млекопитающие крайне редки и представлены низшими группами. Появляются первые костистые рыбы и настоящие птицы (но еще с зубами). К концу периода появляются цветковые растения и лиственные деревья.

В конце периода могучие горные цепи поднимаются на западе Американского континента.

Юрский период.

Древние покрытоголовые амфибии исчезли. Появляются новые семейства и роды аммонитов и достигают большого развития двужаберные головоногие моллюски—белемниты. Рептилии достигают пышного развития. Появляются древние длиннохвостые птицы (ныне вымершая группа). Млекопитающие очень редки и малы. В растительном мире преобладают хвойные и цикадовые.

Триасовый период.

Аммониты достигают большого разнообразия, и многие их роды в конце периода вымирают. Покрытоголовые амфибии достигают громадных размеров и затем вымирают. Начинается время наибольшего развития рептилий, появляются крокодилы, черепахи, морские рептилии (ихтиозавры и плезиозавры) и динозавры. Появляются первые млекопитающие. В растительном мире преобладают хвойные и цикадовые.

Древняя, или палеозойная эра (группа).

Пармский период.

Покрытоголовые амфибии увеличиваются в числе и достигают большого разнообразия. Появляются рептилии (пресмыкающиеся). Появляются головоногие моллюски отряда аммонитов и рыбы с плавниковыми лучами и ромбическими эмалевыми чешуями. Бо́льшая часть родов сосудистых тайнобрачных растений каменноугольного периода исчезает, хвойные становятся многочисленны. К концу периода исчезают древние четырехлучевые кораллы, отряды иглокожих, морские сумки и морские почки, очень многие семейства и роды плеченогих, трилобиты.

В Европе заканчивается образование больших горных цепей и энергично действуют вулканы. Страны южного полушария переживают ледниковую эпоху.

Каменноугольный период.

Сосудистые тайнобрачные растения (лепидодендроны, сигиллярии, каламиты) достигают пышного развития. Появляются покрытоголовые амфибии (земноводные). Панцырные рыбы исчезли, акуловые увеличились в числе и разнообразии. Трилобиты стали очень редки.

Происходит поднятие больших горных цепей (Средняя Европа, Урал, внутренняя Азия, Аппалачские горы Северной Америки).

Девонский период.

Трилобиты сокращаются в числе. Появляются новые семейства иглокожих, плеченогих и моллюсков, в группе головоногих моллюсков обособляется отряд гониатитов. Панцырные рыбы достигают наибольшего развития; появляются акуловые и двойнодышащие рыбы. Тайнобрачные растения достигают значительного разнообразия.

В начале периода происходит поднятие горных цепей в Шотландии, западной Англии и Скандинавии.

Силурский период.

Трилобиты обильны и разнообразны. Большого разнообразия достигают также иглокожие (морские лилии и морские сумки), плеченогие и моллюски, особенно головоногие, родственные с нынешним корабликом (Nautiloidea). Появляются первые рыбы, покрытые панцырем или с твердыми зернами в коже. Найдены первые явственные остатки растений. Характерны для периода граптолиты (гидроидные полипы).

Кембрийский период.

Беспозвоночные морские животные разнообразны, особенно обильны плеченогие и трилобиты (вымершие ракообразные). Характерны для периода археоциаты — кубкообразные сидячие животные, родственные кораллам и губкам.

Следы ледниковой эпохи обнаружены в Австралии, в Китае и в Скандинавии.

Архейская эра (группа).

Древнейшие, доступные изучению образования земной коры, слоистые — осадочного происхождения (гнейсы и кристаллические сланцы), и массивные — огневого происхождения (преимущественно граниты). Осадочные породы сильно изменены действием подземного жара и давления, перекристаллизованы и везде изогнуты и смяты в складки. Органическая жизнь, вероятно, уже существовала в эту эру и, несомненно, существовала в конце ее, т. к. в верхних толщах н йдены плохо сохранившиеся остатки морских животных. На этом основании верхнюю толщу иногда обособляют в особую эозойскую или альгонкскую эру. Отсутствие определимых остатков органической жизни не допускает установления подразделений архейской эры (периодов или систем), пригодных для всех стран.

Мощность архейских образований превосходит мощность всех остальных. Древние кристаллические щиты Скандинавии, Финляндии, Северной Сибири, Канады, Бразилии сложены из пород этой группы.

Определение годами продолжительности эр и периодов — задача очень трудная. Только принимая во внимание происходившие в тот или иной период или эру изменения географические, климатические и постепенную смену форм органической жизни, можно приблизительно оценить относительную продолжительность одного периода сравнительно с другим или одной эры сравнительно с другою.

Историческое время, которым заканчивается послетретичный период, ничтожно мало, сравнительно с временами геологическими. Огромные перемены, пережитые землею в продолжение всего послетретичного периода (повторные оледенения, изменения в очертаниях морей и в составе животного населения), позволяют оценить продолжительность этого периода, приблизительно, в 1 миллион лет. Несравненно более крупные изменения в географии, в растительном и особенно в животном населении третичного периода указывают на много бо́льшую его продолжительность, примерно, раз в сорок бо́льшую.

Периоды средней эры были более длительны, чем третичный; их общая продолжительность была, примерно, раз в десять больше.

В периоды древней эры произошли такие крупные изменения в географии и такие глубокие и многократные изменения в органическом мире земли, что продолжительность этой эры приходится признать почти вдвое бо́льшей чем продолжительность средней и новой эр, вместе взятых.

Продолжительность архейской эры не поддается сколько-нибудь надежной оценке. Колоссальная мощность этих образований и сложность их геологического строения дают полное основание считать, что продолжительность этой эры во много раз превосходит продолжительность всего остального геологического времени. Вернее считать, что в этой мощной толще мы имеем не одну, а несколько эр, только разграничить их, при отсутствии остатков органической жизни, очень затруднительно.

Ноябрь 1923.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

Природа землетрясений.

I.

Кажущаяся устойчивость форм земной поверхности не соответствует внутреннему строению земли и происходящим в ней движениям. Общее понятие о землетрясениях разных типов.

Планета, на которой мы живем, с ее континентами, горными цепями и морями, представляется нам во всех своих основных формах прочной и устойчивой. Проходят века, тысячелетия, и все те же горы и те же равнины служат сценой, на которой разыгрывается драма человеческой истории. Средиземное море, которое теперь носит на своих волнах стальные крепости, носило прежде гребные суда карфагенян и римлян, барки троянцев и еще раньше — челны доисторического человека. Однако изучение внутреннего строения земли показывает, что это далеко не всегда было так. Мы знаем, что далеко от нынешних морей, внутри континентов, расстилаются осадки бывших там прежде морей, что горные цепи, главным образом, состоят тоже из слоев, отложившихся в море и потом поднятых, изогнутых и разломанных (рис. 1 и 2). Геологи прежних времен об'ясняли это тем, что земля время от времени переживала эпохи разрушительных катастроф, геологических революций, за которыми следовали эпохи мирного и спокойного развития.

К середине прошлого века геологи школы Ляйеля разрушили эти представления, и в науке утвердилось убеждение, что земля не переживала внезапных катастроф и потрясений, вызываемых неведомыми силами, что ее изменения совершались медленно и постепенно, как продолжают совершаться и теперь, и что эти медленные изменения, суммируясь, приводили к тем крупным результа-

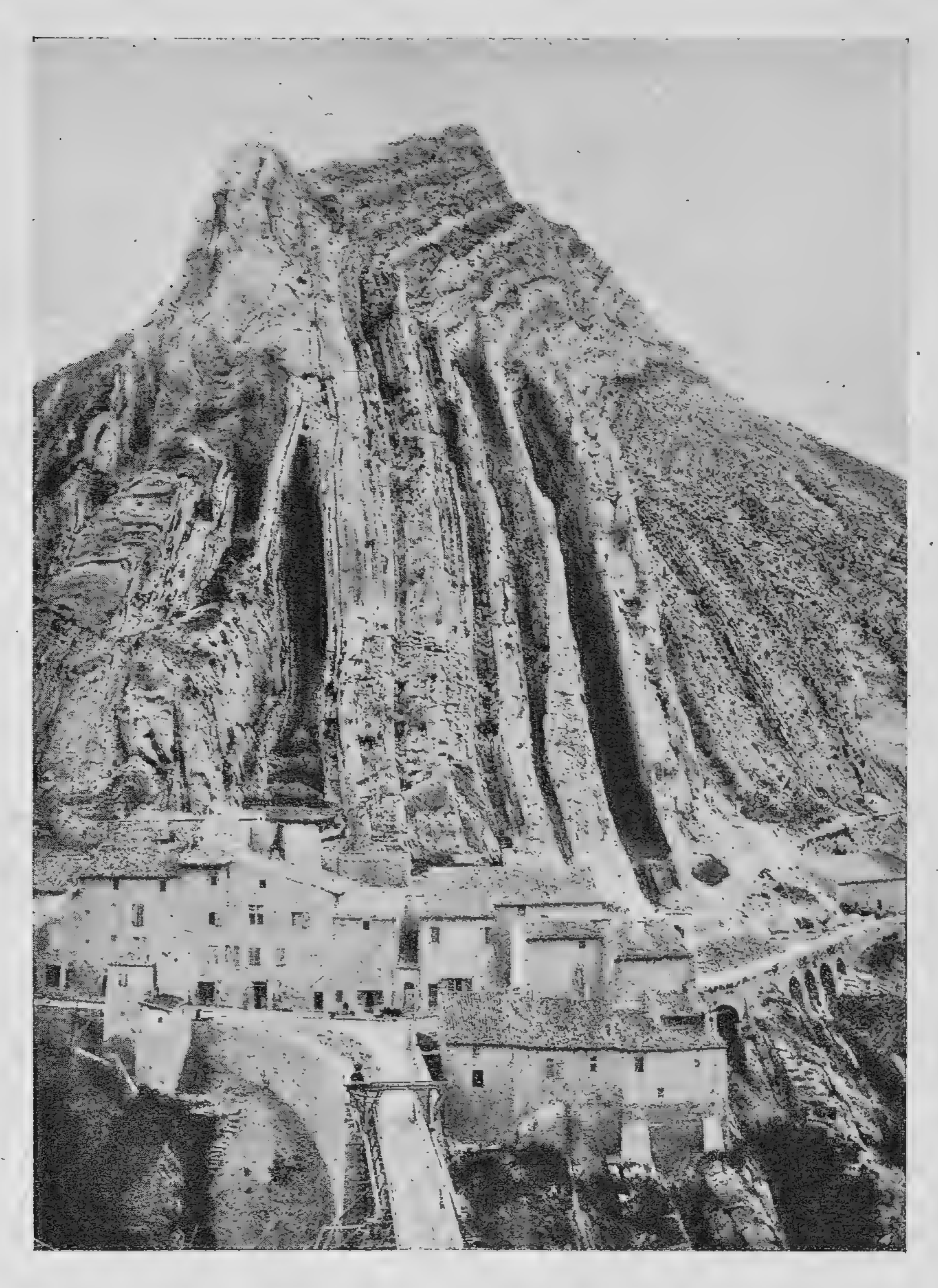


Рис. 1. Поднятые и изломанные слои у города Систерона в Западных Альпах.

там, которые нас поражают при изучении памятников прошлого. Конечно, и тогда были известны разрушительные землетрясения, наступающие внезапно, но, при трудности сообщений с далекими странами, сведения о них были скудны и не возбуждали большого доверия. И в самой Европе землетрясения еще не исследовались научно. Теперь, с развитием сообщений всякого рода и с устройством обсерваторий с приборами, отмечающими даже слабые землетрясения, условия резко изменились. Оказалось, что земля полна движений; среди них различают медленные вековые движения больших областей суши (движения брадикинетические) и быстрые (тахикинетические) движения, называемые землетрясениями или явлениями сейсмическими [1]).

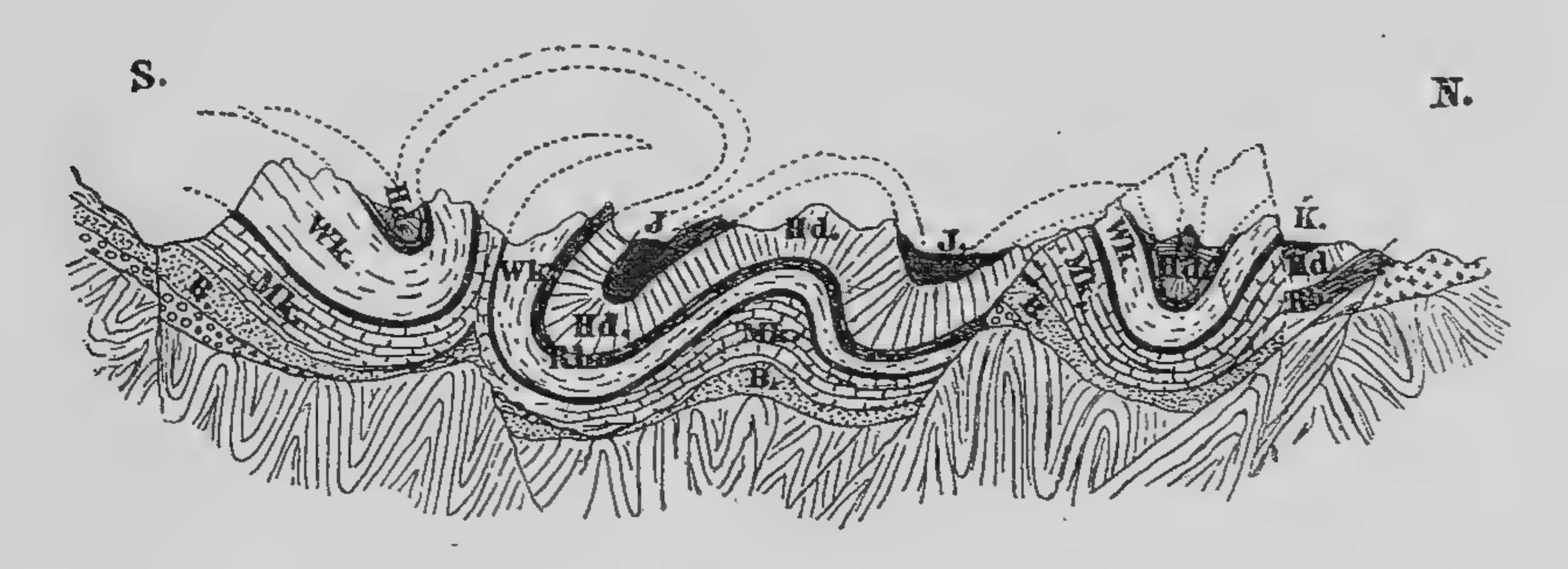


Рис. 2. Поперечный разрез слоев в северных Известковых Альпах. Внизу сильно смятые и разбитые трещинами кристаллические сланцы. B, Mk, Wk, Rb, HD и k относятся к триасовой системе, J—юрская система. Пунктирные линии дополняют разрушенные части складок.

Возникла особая наука — сейсмология, изучающая все явления, связанные с землетрясениями. Один отдел этой науки тесно связан с физикой, другой — с геологией.

Не все страны в одинаковой степени подвергаются землетрясениям, и среди стран, наиболее от них страдающих, Япония занимает одно из первых мест. Одно из первых мест, если не самое первое, Япония занимает и в деле научного изучения землетрясений. Характер японских землетрясений и их связь с геологическим строением страны теперь в достаточной степени выяснены. Во второй половине этой книжки мы постараемся узнать об этом, что возможно, не вдаваясь в большие подробности. Но прежде нужно составить себе общее понятие о природе землетрясений, познако-

---

[1]) Название происходит от греческого слова сейсмос—землетрясение.

миться с теми явлениями, которыми землетрясения сопровождаются, и с теми способами, какие применяются при их изучении.

Землетрясением называют всякое сотрясение или колебание земли, исходное место которого находится в глубине земли и недоступно нашему непосредственному наблюдению, все равно, ощущаем ли мы его нашими чувствами или оно обнаруживается чувствительными инструментами.



Катастрофические землетрясения, при которых рушатся города и селения и под их развалинами погребаются тысячи жителей, происходят не очень часто; но землетрясения более слабые, при которых здания дают трещины, но не рушатся, при которых качаются и падают непрочно стоящие предметы, звенит и разбивается посуда, происходят почти ежедневно где-нибудь на земном шаре. Еще более слабые колебания земли, отмечаемые чувствительными приборами, можно сказать, почти не прекращаются; то в одном, то в другом месте совершаются различного рода колебания или дрожания, вызываемые скрытыми в недрах земли причинами. Можно, кстати, заметить, что и довольно сильные землетрясения проходят иногда неотмеченными, если они происходят в местах мало населенных и не причиняют вреда людям.

Переходя к описанию примеров землетрясений, мы, прежде всего, остановимся на тех из них, причины которых сравнительно легко поддаются об'яснению.

В юго-западной Германии и в других местностях, богатых известковыми породами, иногда происходят слабые землетрясения с небольшим районом распространения. В некоторых случаях за первым ударом следует другой или несколько ударов с промежутками в несколько дней; при этом точки, из которых исходят удары, перемещаются в пределах небольшой области. Землетрясения этого типа об'ясняются тем, что под землею в этих местах существуют пещеры, размеры которых все увеличиваются, благодаря растворяющей работе подземных вод. Бывают случаи, что потолок пещеры обрушивается, тяжелые каменные массы падают на дно пещеры и производят сотрясение, передающееся к поверхности земли.

Повторные толчки, исходящие из других пунктов, об'ясняются тем, что первое сотрясение расшатало лишенные опоры каменные массы в другой недалеко лежащей пещере и ускорило их обрушивание. На этих землетрясениях мы останавливаться не будем; они сравнительно редки, слабы и большого интереса не представляют. Перейдем к другому типу землетрясений, иногда очень сильных,

но тоже с очень ограниченным районом распространения. Хороший пример таких землетрясений представляет катастрофа на острове Искии, против Неаполя, происшедшая 18-го июля 1883 г. В несколько секунд большой курортный город Казамичола был превращен в груду развалин. Город находился на склоне давно не действовавшего вулкана Ипомео. Толчки начались за неделю до катастрофы. Вблизи города существовали отдушины, выбрасывавшие струи вулканических газов (фумаролы) и теплые минеральные источники. Температура и тех и других повысилась перед катастрофой, а после землетрясения появились новые фумаролы по другую сторону города. Область распространения этого землетрясения была так мала, что даже на видном с острова берегу Италии землетрясение уже не ощущалось, и чувствительные инструменты, имеющиеся в обсерватории на Везувии, его не отметили.

Землетрясения, подобные этому, об'ясняются подземными вулканическими взрывами. Взрывчатые вулканические вещества — лавы, пары и газы — стремятся вырваться наружу, но иногда безуспешно: они бывают не в силах пробить себе канал в прочной каменной породе, застывшей в жерле вулкана, но производят могучие подземные удары. Конечно, землетрясения этого типа бывают в местностях вулканического характера, и иногда за ними следует вулканическое извержение. Изучение многих землетрясений этого типа показало, что вызываемые ими колебания земли, ощутимые человеком, распространяются самое большее на 30—50 километров.

В прежнее время бо́льшая часть землетрясений связывалась с деятельностью вулканических сил, но теперь такое мнение оставлено, так как было обнаружено, что самые сильные и охватывающие огромную площадь землетрясения не стоят в прямой связи с вулканами, и часто происходят в местностях, где вулканов и нет. На этих не-вулканических и не-пещерных землетрясениях нам и придется больше всего остановиться.

Сильное землетрясение, особенно переживаемое впервые, производит на человека глубочайшее впечатление; и понятно, почему. С самых первых шагов нашей сознательной жизни ежедневный опыт убеждает нас в незыблемости земли, того грунта, в котором заложены фундаменты больших зданий, и вдруг эта земля приходит в движение, как зыбкая стихия. Как будто какая-то таинственная могучая сила вдруг вмешивается в привычный для нас спокойный ход явлений природы. Каменные

стены трещат и рушатся. Нам негде искать спасения, некуда бежать, мы не в силах даже устоять на ногах, и кругом нас нет ничего устойчивого, на что можно бы было опереться. Разрушается все, что было нам дорого, и зловещий треск разваливающихся зданий смешивается с отчаянными криками погибающих под развалинами.

Из числа европейских стран особенно часто посещаются землетрясениями южная Италия (Калабрия), северная Сицилия и Греция.



Рис. 3. Улица Мессины, заваленная обломками зданий.

Сравнительно недавнее землетрясение в Сицилии и южной Калабрии, 28 декабря 1908 г., имело особенно трагический характер. Несколько городов и селений и между ними большой город Мессина были превращены в груды развалин (рис. 3 и 4). Землетрясение произошло очень рано утром, когда бо́льшая часть жителей мирно спала в своих домах. В эти страшные минуты над Мессиной пронесся леденящий душу вопль 150 тысяч жителей города всех классов, всех состояний и возрастов. Тех, кто нашел скорую смерть под грудами развалин, приходится признать наиболее счастливыми. Худшую долю пришлось пережить заживо засыпанным в домах, ставших их могилами. Израненные, но живые, они слышали стоны

и мольбы дорогих им людей и ничем не могли помочь им. Лучи надежды на спасение, быть может, мелькавшие им в первое время, скоро исчезли; они поняли невозможность спасения. Смерть от душевных мук и физического голода—вот все, на что им оставалось надеяться. Но действительность для многих оказалась еще ужаснее. По грудам обломков стал распространяться пожар. Они слышат отчаянные вопли заживо сжигаемых родных и соседей и сознают, что и они обречены на муки. Что значат перед этими



Рис. 4. Вид в г. Мессине после землетрясения 1908 г. Выбитые с одной стороны стены указывают на определенное направление толчка.

страданиями все мучения, описанные великим поэтом Италии во всех кругах его ада!

Область, в пределах которой рушились здания, простиралась в северной Сицилии на 50 километров от Мессины и в Калабрии на 80 километров. В менее разрушительной форме землетрясение распространилось гораздо дальше; даже жители Неаполя в страхе выбегали на улицы, опасаясь разрушения домов, а слабые, неощутимые для человека, колебания распространились по всей поверхности земли. В московской обсерватории колебания отмечались сейсмографом в продолжение 39 минут.



Рис. 5. Оседание земной поверхности вдоль трещинь (сброс). Землетрясение 1783 г. в Калабрии.

В этой области землетрясения не очень сильные повторяются довольно часто, а, примерно, один раз в столетие страна переживает ужасные катастрофы.



Рис. 6. Город в Калабрии, разрушенный землетрясением 1783 г.

Предшествующая разрушительная катастрофа произошла здесь 5-го февраля 1783 года. Имеются подробные ее описания и рисунки (рис. 5, 6 и 7). Многие города были совершенно разрушены, обра-



Рис. 7. Морская волна, сопровождавшая землетрясение в Калабрии в 1783 г. (по рисунку того времени).

зовались трещины в земле, и в некоторых случаях по одну сторону трещины земля опустилась на более низкий уровень (произошел сброс) (рис. 6); местами образовались круглые провалы, наполнив-

шиеся водою, и конусы из песка и грязи. Исчезли многие источники, другие появились вновь. На другой день еще более сильное землетрясение разрушило город Мессину.

Несчастия, причиняемые сильными землетрясениями в приморских местностях, усугубляются еще тем, что на море поднимаются гигантские волны, которые обрушиваются на берег, довершают разрушения, причиненные землетрясением, и уносят еще новые жертвы. Оба разрушительные землетрясения Калабрии и Сицилии сопровождались такими волнами, но они не достигали очень большой высоты (рис. 7). Однако такая волна в 1783 г. (6 февраля) унесла в море 2.473 человека.

Наиболее поразительное явление этого рода наблюдалось во время землетрясения 1755 года, разрушившего в несколько секунд г. Лиссабон. Вслед за первым ударом землетрясения море отступило от берега, морское дно обнажилось на значительное расстояние, но вскоре затем пришла колоссальная волна, высотою в 18 метров, выбросившая на берег много судов и потопившая многих, искавших спасения на набережной. Огромные волны наблюдались в это же время и в других местах европейского побережья, также в Ирландии и на о-ве Мадейре.

Разрушительные морские волны особенно часто обрушиваются на восточные берега Японии, и их японское название «тсунамис» сделалось общеупотребительным и в других странах. Эти тсунамис свидетельствуют о том, что и морское дно бывает очагом, из которого исходят удары землетрясений.

II.

Землетрясения в Греции, в Закавказьи и в Туркестане.

Греция, с прилежащими к ней островами и морем, тоже часто посещается землетрясениями. Имеются сведения, что еще в 373 г. до Р. Х. г. Хелике, расположенный у Коринфского залива, был поглощен морем. В более новые времена сильные землетрясения были в 1861 году, в промежуток времени от 1871 до 1873 г., в 1886 г. и в 1894 г. Остановимся немного на землетрясении 1894 года.

Сравнительно слабые удары землетрясения чувствовались в разных местах Греции уже с начала 1894 года, и вечером 20-го апреля

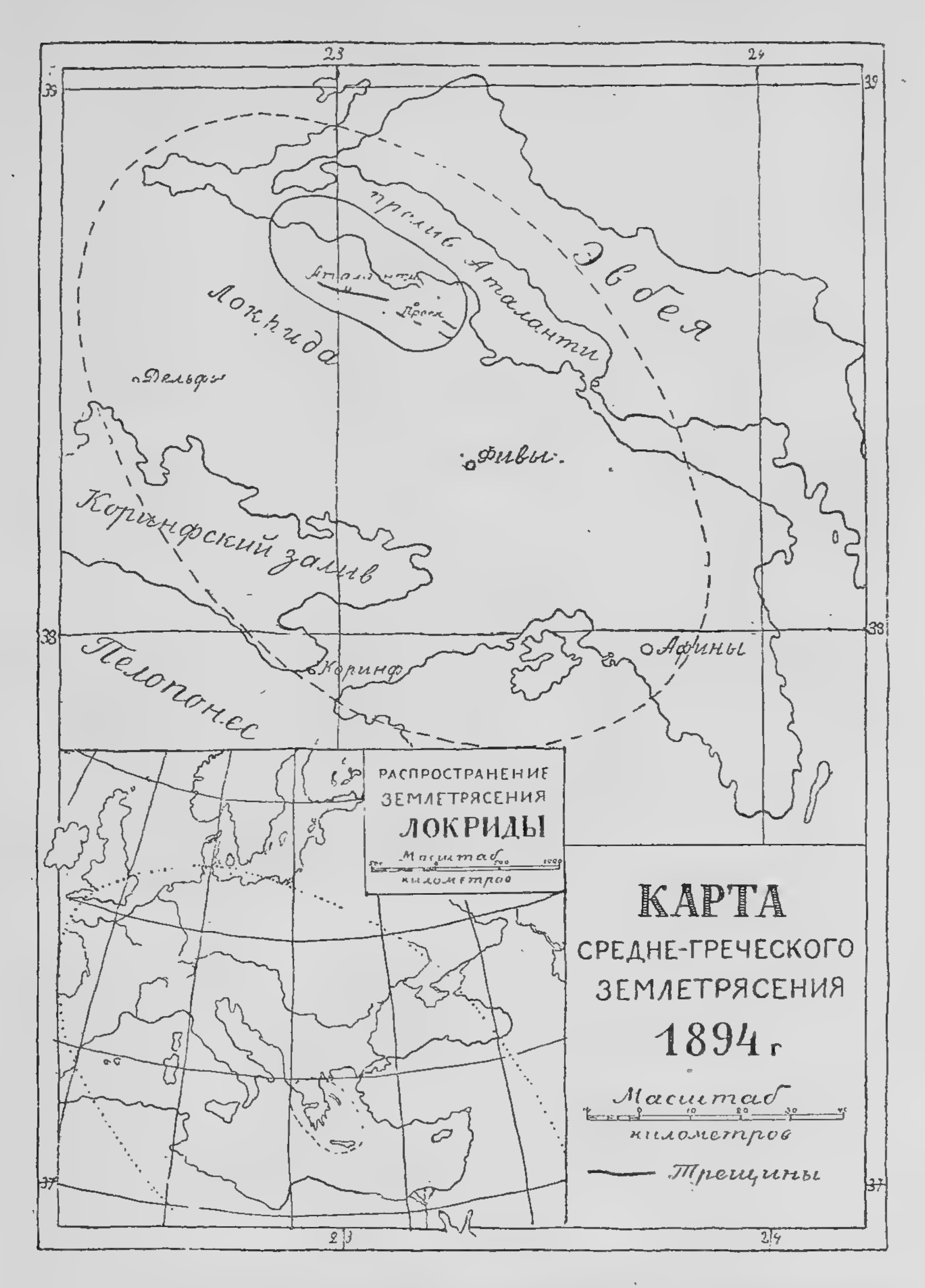


Рис. 8. Карта средней Греции (Локриды) и средней Европы, иллюстрирующая размеры и форму областей, охваченных в 1894 г. землетрясением разной силы.

сильный внезапный толчок потряс всю Грецию. Он был особенно силен на берегу пролива Аталанти, отделяющего остров Эвбею от материка (рис. 8). Проскина, Малезина и другие селения к юго-востоку от г. Аталанти были разрушены. Два крестьянина, подходившие к Проскине, сначала услыхали сильный шум под землею; вслед за этим последовало волнообразное колебание земли, распространявшееся со стороны моря и свалившее их на землю. Когда они встали, то увидели, что рушится древний византийский храм, и услыхали шум разрушающихся домов, крики и стоны гибнущих людей.

В этот же вечер в Афинах тоже был сильный удар. Дома наклонялись и давали трещины, земля на площади Конституции волнообразно двигалась так, что трудно было устоять на ногах. Огромные колонны храма Зевса Олимпийского качались, как тростник, но устояли. В афинской гавани Пирее падали фабричные трубы, звонили колокола, разрушались некоторые стены домов, как будто от бокового толчка, в определенном направлении.

Через неделю, 27-го апреля, землетрясение возобновилось с новой силой. Геолог Скуфос, находившийся в это время в Проскине, близ Аталанти, описал пережитые им впечатления. «Можно было подумать, — говорит он, — что находишься на крышке огромного котла с кипящею водою; ощущались толчки почти вертикально снизу, как будто кипящая вода стремилась вырваться». Несколько позже он и еще два офицера, находившиеся на ю.-в. от Проскины, почувствовали, что они взлетают и опускаются, как резиновые мячики, которые бросают дети. От 9 часов вечера до 5 утра они насчитали 365 ударов.

В прилежащей к проливу Аталанти местности образовалось много трещин в земле; из них одна имела около 1 м ширины и 20 километров длины; большая часть трещин шла в направлении параллельном берегу. Полоса суши в 10 м шириною и 10 км длиною погрузилась в море. На сев.-зап. оконечности Эвбеи теплые источники сильно увеличились и стали изливать в море ручьи воды. В Афинах было опять волнообразное землетрясение, и было видно, как качались высокие здания.

Интересно представить себе общую картину этого землетрясения или обоих последовательных землетрясений. Область более или менее значительных разрушений имела форму овала в 100 верст длины и 60 ширины, вытянутого параллельно Адриатическому и Красному морям (рис. 9). В пределах этой площади можно отме-

тить центральную часть (Аталанти), где происходили самые сильные разрушения, разрывы и перемещения грунта, где ощущались удары, направленные снизу вверх. На некотором расстоянии от этой центральной области, например, в Афинах, землетрясение было слабее; по земле проходили волны, раскачивавшие здания, опрокидывались высокие трубы и ощущались боковые толчки.



Рис. 9. Карта Греции и окружающих ее морей. Овал посередине обозначает область, охваченную сильным землетрясением 1894 г. Меньший овал внутри— область сильнейших разрушений.

Слабые колебания распространялись до Египта и Аравии (2.000 км). Вся эта огромная площадь имела форму овала, длинная ось которого была направлена соответственно некоторым географическим элементам (рис. 8 нижн. часть).

Омывающие Грецию моря позволили бросить свет и на происхождение подводных землетрясений, которые, как мы видели на примере лиссабонского землетрясения, распространяются и на сушу и сопровождаются образованием гигантских обрушивающихся на

берег волн (тсунамис). Поводом к раскрытию природы этих явлений были случаи разрыва проложенных по дну моря телеграфных кабелей и работы по исправлению этих повреждений. Во время землетрясения 26-го октября 1873 г. порвался телеграфный кабель в 10 км. от острова Занте, на котором находится станция подводного телеграфа. Кабель был положен на глубине 426 м, а оказался порванным на глубине 609 м и засыпан камнем. Стало быть, здесь произошло опускание морского дна, и с крутых стен образовавшегося провала сыпались каменные обломки. В 1878 г. между о-вами Занте и Критом телеграфный кабель разорвался в двух местах, оказавшихся на расстоянии 40 км одно от другого. Между этими местами разрыва дно моря оказалось настолько неровным, что пришлось класть новый кабель по другому направлению, в обход этого места. В 1885 году этот кабель вновь был порван, и дно на этом месте оказалось очень неровным, так что на очень коротком расстоянии глубина изменялась от 213 до 3.000 м. Кабель оказался засыпанным массой обломочного материала. В 1886 году во время землетрясения 15-го августа опять внезапно порвался кабель между Занте и Критом, в 29 км от Занте. Исследование показало, что непосредственно к югу от места разрыва глубина моря сразу увеличилась на 400 метров. Подобные случаи наблюдались и в других местах Средиземного моря, а также и в океанах. В 1884 году в Атлантическом океане одновременно порвались три кабеля европейско-американского телеграфа, положенные параллельно на расстоянии около 12 км один от другого, и места разрыва все оказались на одной прямой. При прокладке новых кабелей и здесь были обнаружены случаи резкого изменения рельефа морского дна близ мест разрыва.

Эти факты показывают, что на дне моря во время землетрясений происходят быстрые изменения в конфигурации морского дна и притом в масштабе несравненно большем, чем это наблюдается на суше, и эти явления дают фактическое обоснование гипотезе, об'ясняющей возникновение морских сейсмических волн, сопровождающих землетрясения в приморских странах. При внезапном опускании морского дна вода устремляется в образовавшуюся впадину, и это вызывает первоначальное понижение уровня, распространяющееся на далекое расстояние от места катастрофы. Вода скоро заполняет впадину, но при этом устремляющиеся со всех сторон потоки сталкиваются и создают над местом впадины большой водяной холм. Вслед за тем вода опускается по инерции

даже ниже первоначального уровня; это и создает вокруг огромный водяной вал и при повторении под'емов и опусканий — систему концентрических водяных валов, аналогичных тем, которые возникают от брошенного в воду камня. Повидимому, в некоторых случаях происходят и внезапные поднятия морского дна, и в таких случаях надвиганию морской волны не предшествует отступание моря от берега.

Частые опускания дна в морях, омывающих Грецию, и порождаемые этим землетрясения стоят в связи с геологическим прошлым этой страны. Еще во второй половине третичного периода на месте

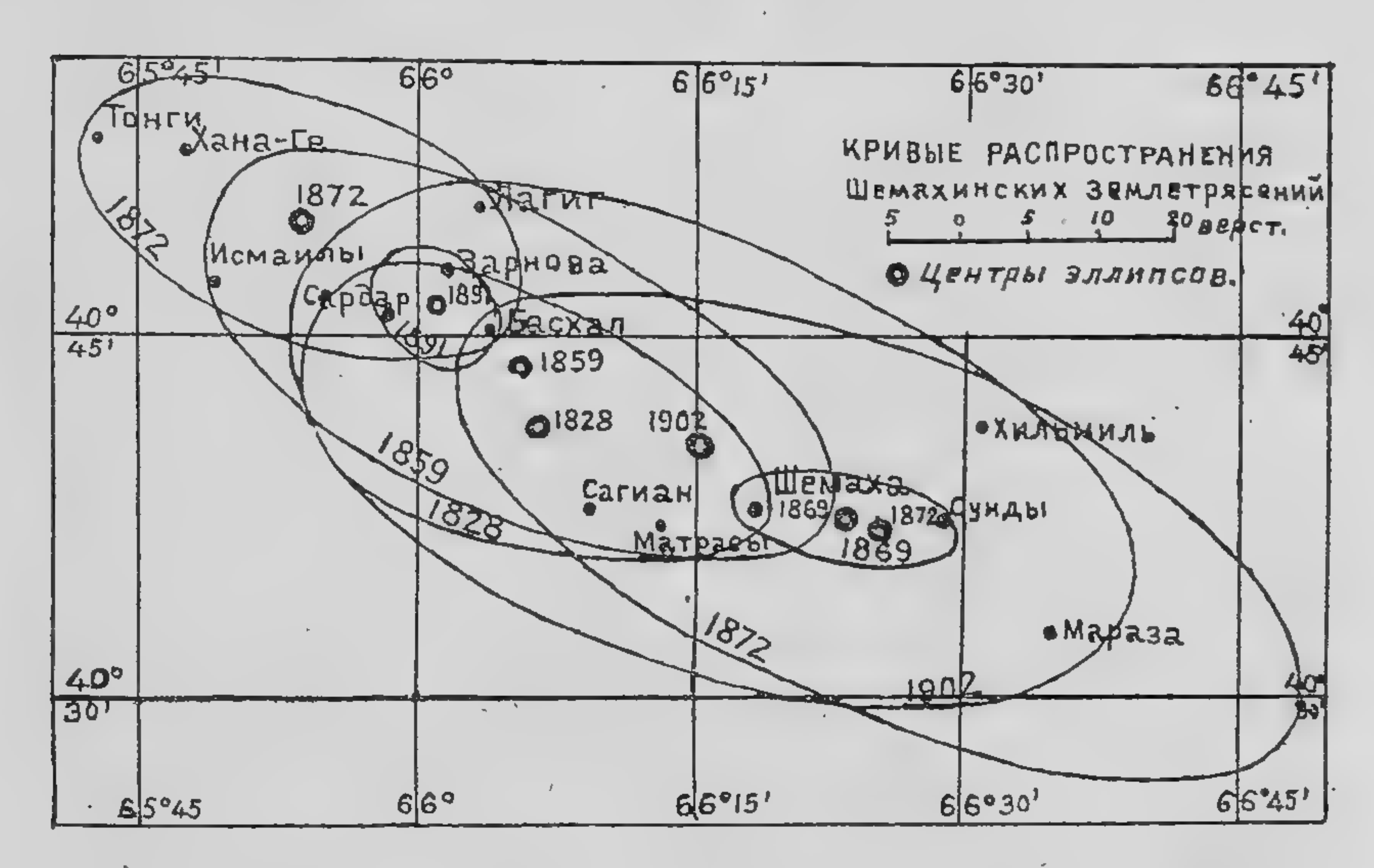


Рис. 10. Эпицентры Шемахинских землетрясений.

этих морей была обширная, богатая пастбищами, суша, соединявшая нынешнюю Грецию с Малой Азией и Африкой. Животные, частию азиатского, частию африканского происхождения, обильно населяли эту сушу и примыкавшее к ней греческое побережье и долины гор. Кости и целые скелеты этих животных находят теперь в отложениях древних потоков, выбегавших из гор. Эта суша время от времени разламывалась и частями опускалась под уровень моря. Нынешние острова Эгейского и прилежащих частей Средиземного моря представляют наиболее высокие горные области этой суши, оставшиеся непогруженными (рис. 9).

Идя далее к востоку, можно отметить южные склоны Кавказа и Армению, как местности довольно часто посещаемые землетря-

сениями. Ахалкалакское землетрясение 1899 года охватило почти все Закавказье от Сухума до Шуши и от станции Коби до Эривани. Эта область представляет овал, длинный поперечник которого идет параллельно Кавказскому хребту.

Землетрясение 1902 года, разрушившее г. Шемаху, также распространилось по площади, длиною в 80 и шириною в 37 верст, вы-



Рис. 11. Покровская церковь в г. Верном до землетрясения 1887 г.

тянутой вдоль Кавказского хребта. Наиболее пострадавшая полоса в середине этой площади имеет длину 20 и ширину 5 верст. И в прежние годы Шемахинский уезд и вообще область южных предгорий Кавказа страдала от землетрясений, и каждый раз пострадавшая площадь имела овальную форму, вытянутую с с.-з. на ю.-в., соответственно направлению Кавказского хребта. На рис. 10 показаны площади нескольких землетрясений этой области и в ка-

ждой из них серединные, наиболее пострадавшие, места. Эти факты определенно указывают на существование какой-то связи землетрясений с расположенными в ближайшей к ним области горными цепями.

Очень поучительную для уяснения природы землетрясений картину дало изучение землетрясения, разрушившего 28-го мая 1887 г.



Рис. 12. Та же церковь после землетрясения.

г. Верный, расположенный близ северного склона гор Ала-тау. Мы упомянем только немногие, относящиеся к этой катастрофе, события, отмеченные свидетелями и исследователями.

Еще накануне землетрясения домашние животные—коровы, собаки—обнаруживали заметное беспокойство и возбуждение: лошади не брали корма, свиньи убегали со дворов; можно подумать, что животные ощущали первые слабые удары, не замечаемые человеком. Первые сильные подземные удары произошли около 4½ ч. утра. Эти удары разбудили всех спавших. Многие испуганные ими

жители выбежали из домов, и это спасло их от гибели. Вслед за этим послышался сильный подземный шум и грохот со стороны гор и потом ряд сильных и частых ударов, от которых стали разваливаться здания (рис. 11 и 12). Эти сильнейшие толчки продолжались около одной минуты. Разрушение началось с южной, ближайшей к горам, стороны города, что было замечено жителями южных кварталов, бывшими на улицах. В некоторых домах всего более пострадали северные и южные стены (рис. 13), как будто удар, разрушивший здания, пришел с одной определенной стороны, и именно



Рис. 13. Г. Верный. Дом с выбитыми северными и южными стенами.

со стороны гор. Слабые удары продолжались еще несколько дней; в первые два дня они происходили почти непрерывно, но потом стали все реже и 1-го июня почти совершенно прекратились.

В горах, к югу от Верного, обрушивались скалы, засыпая обломками соседние долины; огромные камни, в 3.000 пудов весом, летели вниз и даже перебрасывались на противоположную сторону долины, при этом ломался лес, гибли животные на пастбищах и немногие жители горных долин. Местами почва, размягченная предшествовавшими дождями, сползала или сбрасывалась со склонов гор вместе с лесом и травою. Эта сползшая земля смешивалась с водою речек и превращалась в потоки грязи, двинувшиеся вниз по долинам и выступившие из гор. Один из этих потоков, в ½ версты шириною, протянулся по долине на 10 верст.

Разрушения в горах, к югу от Верного, были настолько значительны, что можно было заключить, что эта полоса приходилась как раз над тем местом в земле, из которого исходили удары. Область разрушительного землетрясения имела 90 верст в длину и 46 в ширину, а вся область, в пределах которой земля колебалась, но не было разрушений, представляла овал в 1.500 верст длиною и 900 верст шириною (рис. 14).



Рис. 14. Карта Туркестана с обозначением всей области, охваченной землетрясением 1887 г. (большой овал), области сильных разрушений и эпифокальной (эпицентральной) области.

Какую же общую картину представляет нам землетрясение того типа, к которому относится верненское? Где-то в глубине земли, по линии, вытянутой вдоль гор, происходит какой-то процесс, сопровождающийся могучими ударами, которые, достигая земной поверхности, производят прямо над этой полосой страшные разрушения в горах. Немного поодаль от этой области наибольших разрушений чувствуются боковые толчки, которые совершенно

разрушают некоторые здания, другие здания повреждают, у третьих вышибают стены, расположенные поперек распространения толчков. Колебание распространяется дальше, все ослабевая, как ослабевает волна, вызванная брошенным в пруд камнем, и, наконец, эта волна землетрясения или так называемая сейсмическая волна, взволновав землю на сотню верст в окружности, затихает, однако, не сразу; более слабые толчки еще долго повторяются.

Область максимального разрушения называют теперь эпифокальной или плейстосейстовой, а раньше она называлась эпицентром; теперь избегают употреблять это название, так как выяснилось, что эта область не представляет одну определенную точку (центр), а—некоторую линию или узкую полосу на земной поверхности. То место в глубине земли, которое находится прямо над этой областью и из которого исходят удары землетрясения, называется гипоцентром или очагом или фокусом землетрясения.

В редких случаях землетрясение ограничивается одним толчком; большею частью землетрясение проявляется целым рядом повторяющихся ударов, разделенных бо́льшими или меньшими промежутками. Главному, наиболее разрушительному удару иногда предшествуют слабые, так называемые предварительные или предупредительные удары, длящиеся очень непродолжительное время. За главным ударом, обычно, следует ряд более слабых толчков, сначала часто повторяющихся, потом становящихся все слабее и реже. Эти повторные удары как бы указывают на постепенный возврат к спокойному состоянию масс, к установлению новых условий равновесия.

В некоторых случаях за сильным землетрясением, спустя некоторое не очень продолжительное время, следует другое, с исходной областью в другом, но не очень отдаленном месте. Второе землетрясение является как бы откликом на первое. Такие землетрясения называются сопряженными. Иногда главный удар не обособляется резко, и землетрясение слагается из ряда толчков, приблизительно, одинаковой силы, чередующихся с более слабыми толчками. Это так называемые рои землетрясений.

III.

Сейсмические волны.

Разные землетрясения, а также и одно землетрясение в разных местах охваченной им области, проявляются в разной степени

интенсивности. Чтобы сравнивать одно землетрясение с другими и характеризовать его силу, Росси и Форель выработали лестницу или скалу землетрясений, заключающую в себе 10 ступеней, начиная от самых слабых колебаний, отмечаемых чувствительными инструментами, до самых разрушительных землетрясений. Эти степени обозначаются соответствующими баллами от 1 до 10. Эта скала Росси-Фореля до недавнего времени была во всеобщем упо-

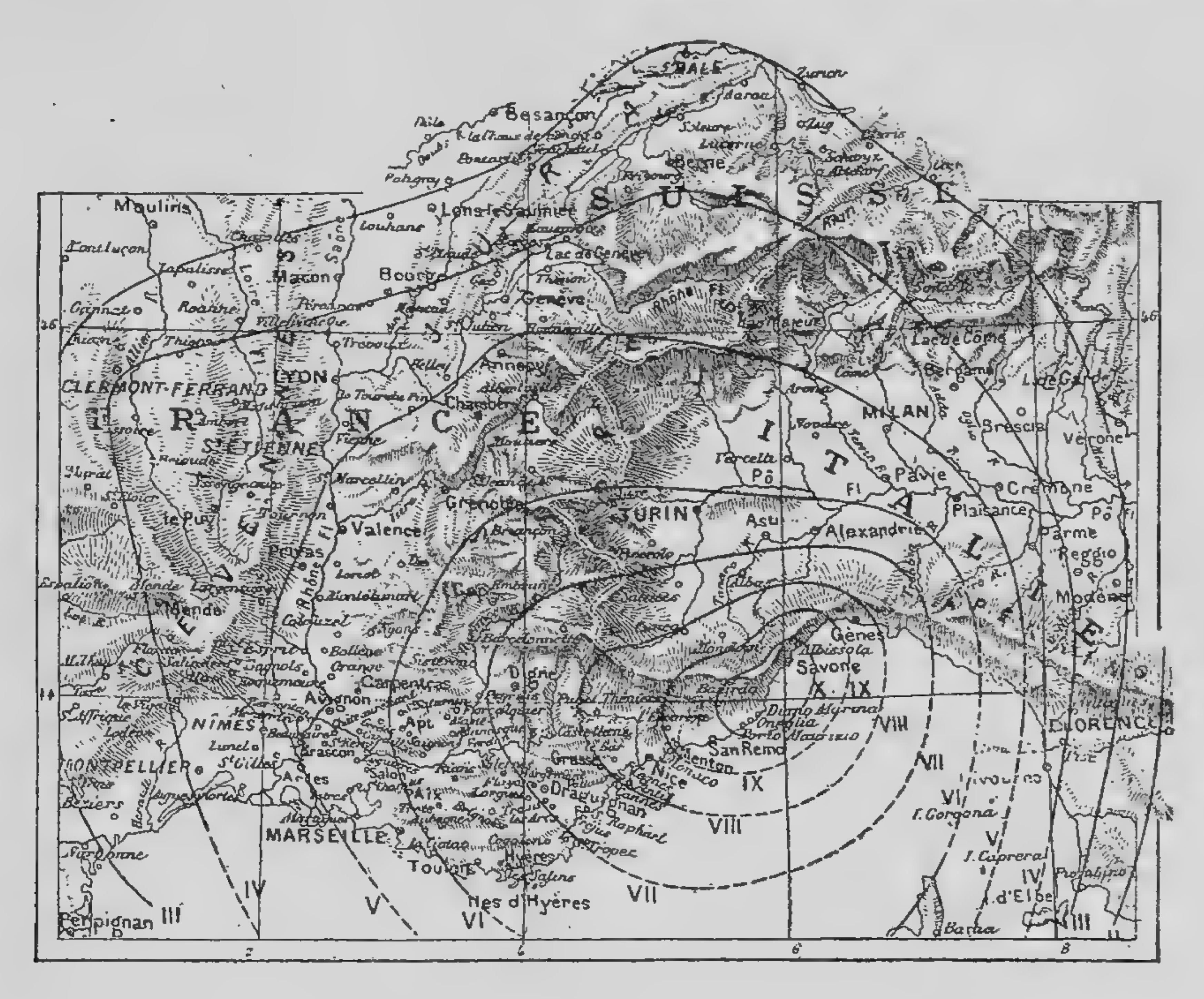


Рис. 15. Изосейсты землетрясения 1887 г. в области средиземноморской Ривьеры.

треблении, но в последнее время она часто заменяется скалой Меркали, дополненной Зибергом, с 12 баллами. Изучая какое-нибудь землетрясение, исследователь соединяет (на карте) точки, в которых степень разрушения одинакова, и получает концентрические линии, так называемые изосейсты. Эти линии помогают точнее определить эпифокальную область землетрясения. Так как интенсивность проявления землетрясения изменяется с изменением свойств, слагающих местность пород, то изосейсты не представляют правильных концентрических линий (рис. 15).



Если имеется много сейсмических станций, точно отмечающих время, когда началось землетрясение, то можно соединить все точки, до которых колебание достигло в одно и то же время, тогда получатся линии, называемые гомосейстами или косейстами (рис. 16). Они имеют более правильное концентрическое расположение и тоже оказывают помощь при определении местонахождения очага землетрясения.

Нанесенные на карту изосейсты и косейсты напоминают картину распространения волн от брошенного в воду камня, только

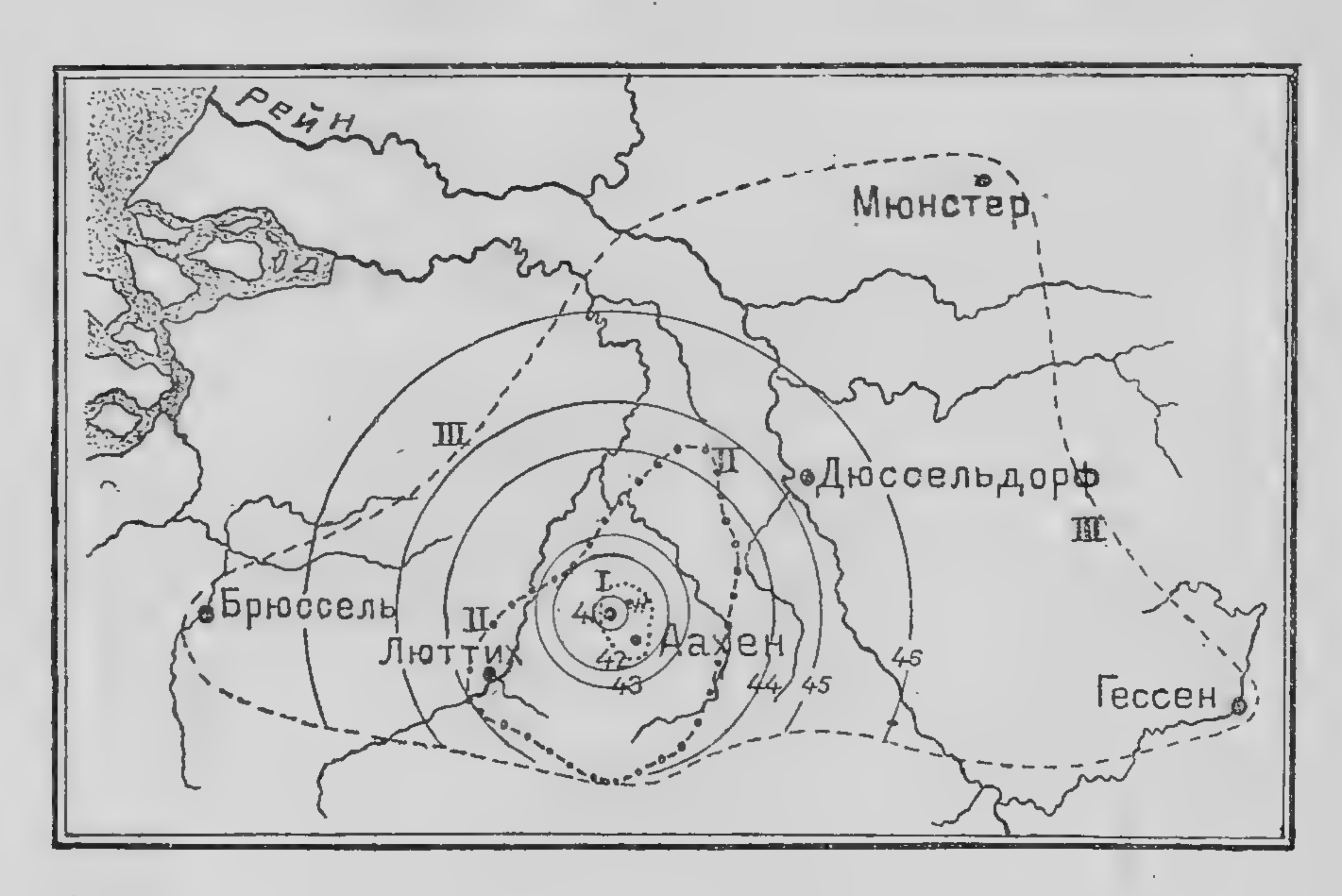


Рис. 16. Гомосейсты и изосейсты землетрясения 22 октября 1873 г. близ г. Аахена. Сплошные линии — гомосейсты через 1 минуту, пунктирные линии—изосейсты.

менее правильных. Что же это за волны, распространяющиеся по твердой земле, и что производит удары, дающие им начало?

Научное исследование природы землетрясений показывает, что в глубине земли и в поверхностных толщах происходят колебательные движения частиц, вызванные какою-то причиной, нарушившей их равновесие. Эти колебания распространяются от места их возникновения в виде концентрических упругих волн (рис. 16), которые в твердой среде бывают двоякого типа: 1) продольные волны, при которых частицы среды то сближаются, то разрежаются, двигаясь в том же направлении, в каком идет волна. Известным в

обыденной жизни примером таких колебаний могут служить звуковые волны, вызываемые частыми последовательными толчками, сообщаемыми звучащим телом упругой воздушной среде. Эти толчки вызывают повторное сжатие и разрежение воздушных слоев, которые передаются все более и более далеким концентрическим слоям воздуха. Сейсмические волны этого типа распространяются в земле со скоростью около 15 км в секунду. Второй тип распространяющихся в земле волн представляют поперечные волны, при прохождении которых частицы среды колеблются в направлении, поперечном к тому, по которому идет волна. В обыденной жизни примером этого типа колебаний могут быть кольцевые волны, вызванные брошенным в воду камнем. Поперечные сейсмические волны распространяются в земле с вдвое

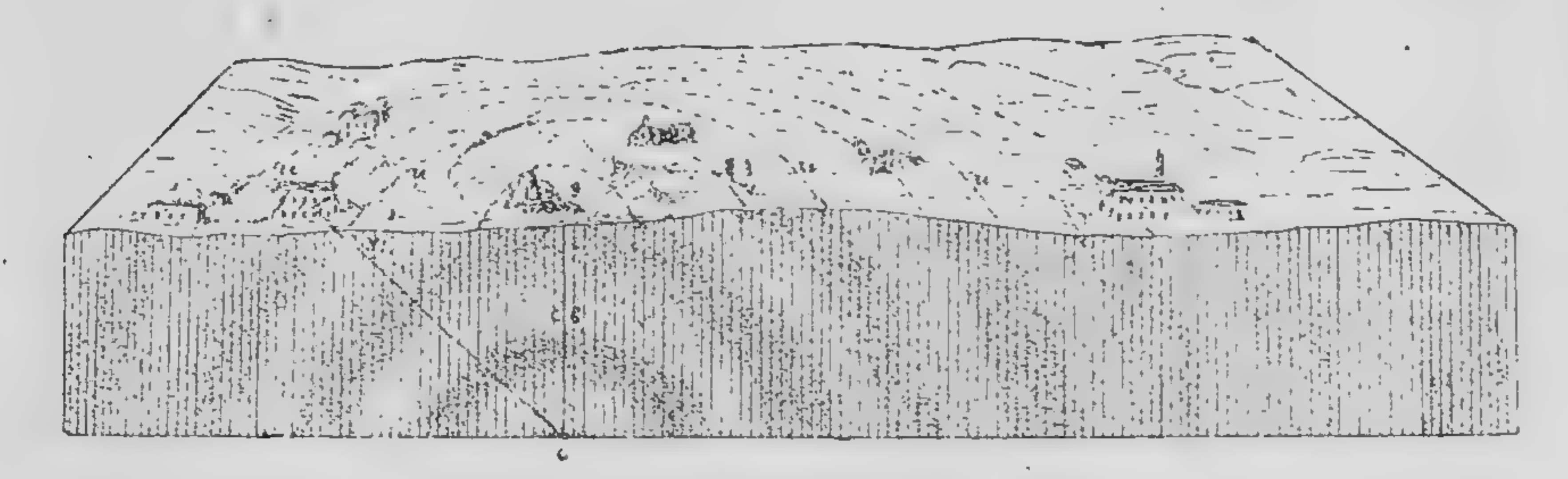


Рис. 17. Схема распространения сейсмической волны в земной коре: о—фокус или центр землетрясения, св—сейсмическая вертикаль, э—эпицентр, у—угол выхода, и—изосейсты.

меньшей скоростью—7½ км в секунду. Поэтому продольные волны приходят на какую-нибудь далеко отстоящую станцию раньше поперечных и отмечаются инструментом как первая фаза колебаний. Поперечные волны приходят позже и отмечаются как вторая фаза предварительных колебаний с несколько бо́льшим размахом. Так как разница во времени прибытия тем больше, чем дальше очаг землетрясения, то по отметкам времени прибытия этих двух колебаний можно судить о расстоянии очага землетрясения от станции.

Достигнув поверхности земли, прежде всего в эпицентре, как в ближайшей к очагу области, те и другие волны дают начало волнам третьего типа, распространяющимся по поверхностным толщам земли с поперечными колебаниями. Размах их колебаний значительно больше, и они отмечаются приборами как третья или главная фаза колебаний. Возникнув в эпицентре, эти волны рас-

пространяются во все стороны со скоростью 3—4 км в секунду, в зависимости от плотности пород.

Если землетрясение исходит из одной точки или из очень ограниченного пространства внутри земли, и если плотность среды во всех направлениях одинакова, то упругая волна землетрясения, распространяющаяся в земле, имеет в каждый данный момент форму, близкую к сферической, и, достигнув поверхности, волны распространяются более или менее правильными концентрическими линиями (изосейсты, косейсты). Если же исходная область представляет не точку, а линию или узкую полосу, упругие волны будут распространяться в земле в виде удлиненного сфероида, а на поверхности земли будут производить растянутые в виде эллипсисов волны, и область, охваченная землетрясением, будет иметь овальную форму, как это мы видели на нескольких примерах.

Если местность сложена из пород очень различной плотности, волны будут распространяться с разной быстротой в разных направлениях, и область, охваченная землетрясением, будет иметь неправильную форму.

Кроме этих трех типов упругих волн: глубинных продольных, глубинных поперечных и поверхностных, которые обыкновенно не видны человеку, но чувствуются и отмечаются специальными приборами, в эпифокальной области возникают еще волны 4-го типа, механизм образования которых еще не вполне выяснен. При сильных землетрясениях эти волны распространяются по земле видимыми валами, напоминающими пологие водяные волны. При прохождении таких волн, здания наклоняются и опрокидываются или разваливаются, деревья качаются и сталкиваются вершинами, уличная мостовая поднимается и опускается, на гребнях волн разверзаются трещины и во впадинах, между волнами, вновь закрываются, при этом из трещин иногда выдавливается иловатая или песчаная грязь, образующая местами небольшие конусы со впадиной на вершине. Эти же волны отрывают массы грунта на склонах возвышенностей и речных берегах, производят оползни и обвалы. Береговые устои мостов сползают вместе с грунтом вниз, при чем мостовые арки и балки гнутся и ломаются. Длина этих видимых волн бывает от 10 до 50 метров, амплитуда—5—30 см, скорость распространения менее 100 метров в секунду. Своими размерами и малой скоростью эти видимые волны резко отличаются от волн трех предшествующих типов. Повидимому, они возникают при переходе сейсмических колебаний в очень

мало упругие поверхностные массы земли, в которых они производят разнообразные неправильные движения и перемещения. Их не следует смешивать с сейсмическими волнами продольными, поперечными и поверхностными, которые представляют собою настоящие волны упругости, распространяющиеся при сильных землетрясениях по всему земному шару и составляющие главный предмет изучения в физической сейсмологии. В некоторых случаях поднятая такой видимой волной земная поверхность так и остается, и ее можно видеть после землетрясения (рис. 18).



Рис. 18. Мостовая на улице Сан-Франциско, поднятая видимой поверхностной волной, сопровождавшей землетрясение 18 апреля 1906 г.

IV.

Приборы, употребляемые при изучении землетрясений.

Для систематического изучения землетрясений, для определеделения характера колебаний, времени их прибытия и их продолжительности, а также для того, чтобы определить, как далеко находится очаг землетрясения, устраивают инструменты различного типа, называемые сейсмографами и сейсмометрами. Они подробно описываются в курсах сейсмологии. В настоящее время все первоклассные сейсмические станции снабжены сейсмометрами, которые отмечают сильные землетрясения, где бы они ни произошли. Менее чем через ½ часа известие о землетрясении

телеграфируется самою землей, иногда прямо сквозь землю, если землетрясение произошло на противоположной ее стороне (у антиподов). Главную составную часть сейсмографа представляет маятник вертикальный или горизонтальный (рис. 19). Тяжелое тело маятника, вследствие своей большой инерции, остается более или менее долгое время неподвижным, в то время когда земля испытывает колебательные движения, вызываемые прохождением сейсмических волн. Если к маятнику приспособлено острие, то оно и будет чертить по подложенной закопченой пластинке или на движущейся, при помощи часового механизма, бумажной ленте отметки колебаний земли, с которой эта воспринимающая поверхность прочно соединена. Получаемые этим способом отметки землетрясений называются сейсмограммами.

В настоящее время наибольшим распространением пользуются горизонтальные маятники. Главную часть такого маятника составляет тяжелое тело (рис. 19), укрепленное на почти горизонтальном негнущемся стержне, который свободно опирается своим противоположным концом в особую ямку на массивном вертикальном столбе и поддерживается в этом положении проволокой, косо идущей от тела маятника к вершине столба. Такой маятник легко отмечает колебания, направленные перпендикулярно к его стержню и близкие к перпендикулярному направлению, и не отмечает колебаний, распространяющихся вдоль стержня. Так что, имея два или несколько маятников, различно расположенных, можно определять, в каком направлении колебание достигло данной станции. Пока нет землетрясения, острие сейсмографа чертит на бумаге, намотанной на вращающийся горизонтальный цилиндр, прямую линию, и в то же время часовой механизм отмечает на этой линии, или возле нее, часы и минуты. В конце каждого оборота цилиндр немного сдвигается в бок и таким образом при следующем обороте рядом с первой линией чертится другая и т. д. Когда прибывают волны землетрясения, и земля вместе с воспринимающей полосой бумаги начинает дрожать или испытывает более значительные колебания, тогда острие прибора вместо прямой линии чертит волнообразные зигзаги то меньшего, то большего размаха, соответственно амплитудам колебаний, и сейсмограмма принимает очень характерный вид, притом различный для землетрясений близких и далеких, и эти различия дают возможность определить расстояние, пройденное сейсмическими волнами от их исходной области до станции. Такие маятники

могут отмечать только горизонтальные колебания. Для того, чтобы получать отметки и вертикальных колебаний, горизонтальный маятник подвешивается при помощи спиральной пружины (рис. 20), что и дает тяжелому телу маятника возможность, вследствие большой инерции, оставаться на той же высоте, когда испытывает вертикальные колебания поверхность земли, а вместе с ней и намотанная на вертикальный цилиндр бумага, по которой приделанное к маятнику острие чертит линию; эта линия вместо прямой становится зигзагообразной, когда начинаются колебания.

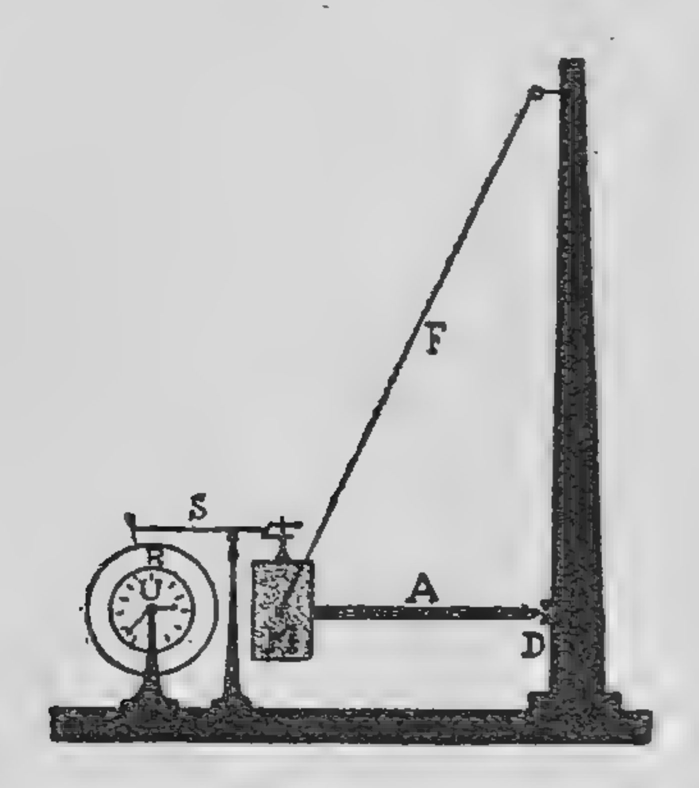


Рис. 19. Схема сейсмографа для отметки горизонтальных колебаний земной поверхности. M — тяжелое тело маятника, F—проволока, которой оно подвешено, A — опорный стержень, D—опорная точка стержня, S—пишущий рычажок, R—барабан, воспринимающий запись, U—часы, приводящие его в движение.

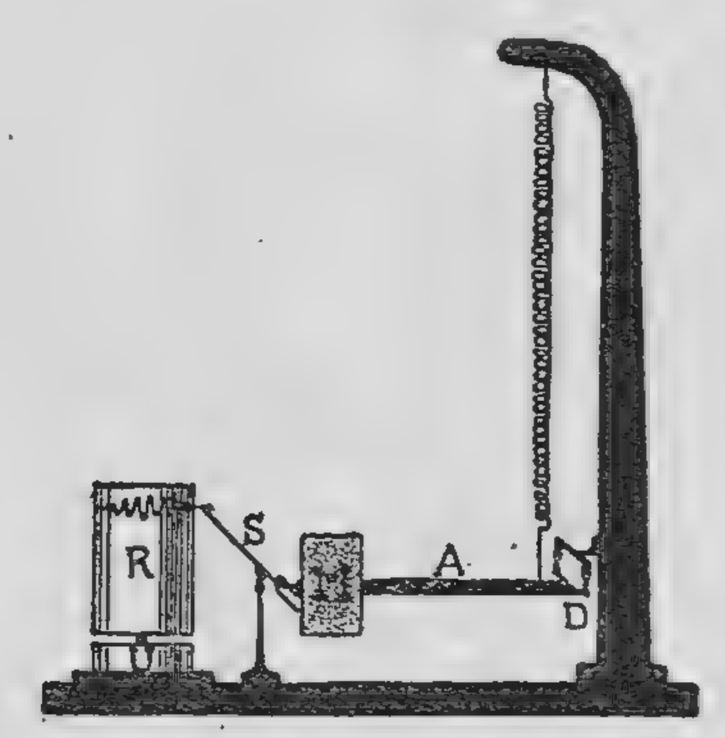


Рис. 20. Схема сейсмографа для отметки вертикальных колебаний земной поверхности. Буквенные обозначения те же, что на предъидущем рисунке.

В сейсмограммах отдаленных землетрясений (рис. 21), легко можно различить две фазы предварительных сравнительно слабых колебаний (1-я фаза — продольные колебания, 2-я фаза—поперечные колебания) и третью главную фазу колебаний с большими размахами. Для всех отдаленных землетрясений скорость распространения предварительных колебаний остается постоянной; это указывает, что эти колебания распространяются через землю по скорейшему пути (хотя, как мы сейчас увидим, и не всегда прямому), и что плотность земли, начиная с некоторой глубины, остается постоянной и очень большой (в 1½ раза плотнее стали). При меньших расстояниях эти колебания уже не идут через плотное тяжелое ядро земли, а распространяются через

более поверхностные и менее плотные породы, отчего и скорость их распространения уменьшается: они мало опережают главную фазу колебаний и на отметках близких землетрясений не отмечаются отдельно, а сливаются с главными (рис. 22).

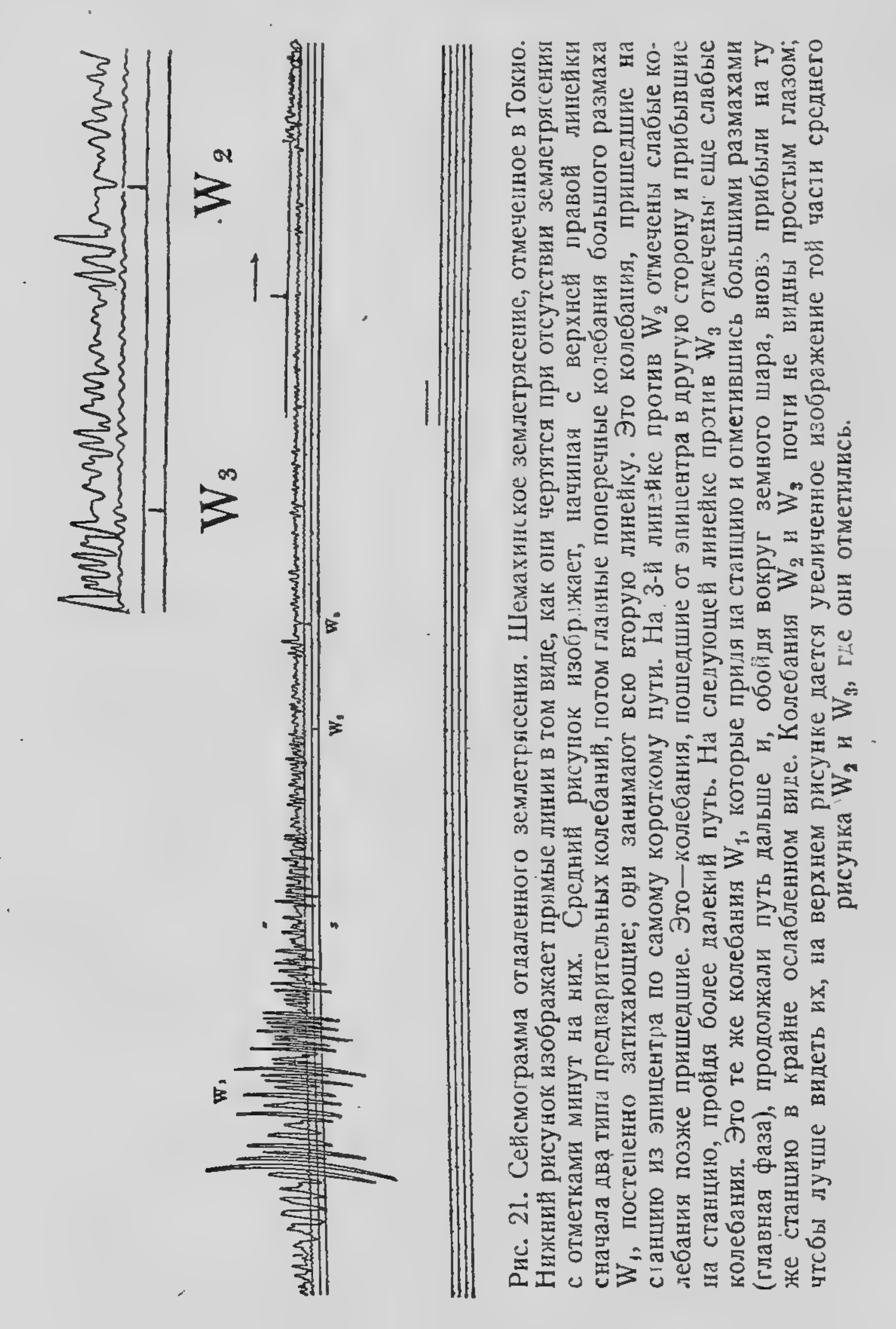


Рис. 21. Сейсмограмма отдаленного землетрясения. Шемахинское землетрясение, отмеченное в Токио. Нижний рисунок изображает прямые линии в том виде, как они чертятся при отсутствии землетрясения с отметками минут на них. Средний рисунок изображает, начиная с верхней правой линейки сначала два типа предварительных колебаний, потом главные поперечные колебания большого размаха W_1, постепенно затихающие; они занимают всю вторую линейку. Это колебания, пришедшие на станцию из эпицентра по самому короткому пути. На 3-й линейке против W_2 отмечены слабые колебания позже пришедшие. Это—колебания, пошедшие от эпицентра в другую сторону и прибывшие на станцию, пройдя более далекий путь. На следующей линейке против W_3 отмечены еще слабые колебания. Это те же колебания W_1, которые придя на станцию и отметившись большими размахами (главная фаза), продолжали путь дальше и, обойдя вокруг земного шара, вновь прибыли на ту же станцию в крайне ослабленном виде. Колебания W_2 и W_3 почти не видны простым глазом; чтобы лучше видеть их, на верхнем рисунке дается увеличенное изображение той части среднего рисунка W_2 и W_3, где они отметились.

Для выяснения природы землетрясений необходимо определять не только положение эпифокальной области, но и глубину очага или центра землетрясения, из которого исходят удары и коле-

бания. Для этого пользуются несколькими способами. Самый простой и старый способ—определение глубины центра по трещинам в стенах зданий. Из того, что в эпицентре толчки были вертикальные, заключают, что очаг землетрясения был непосредственно под этим местом. Проведенная отсюда вертикальная линия (рис. 17) (сейсмическая вертикаль) приведет нас к очагу землетрясения. Чтобы определить, на какой глубине эта вертикаль встретит очаг землетрясения, нужно обратиться к боковой полосе

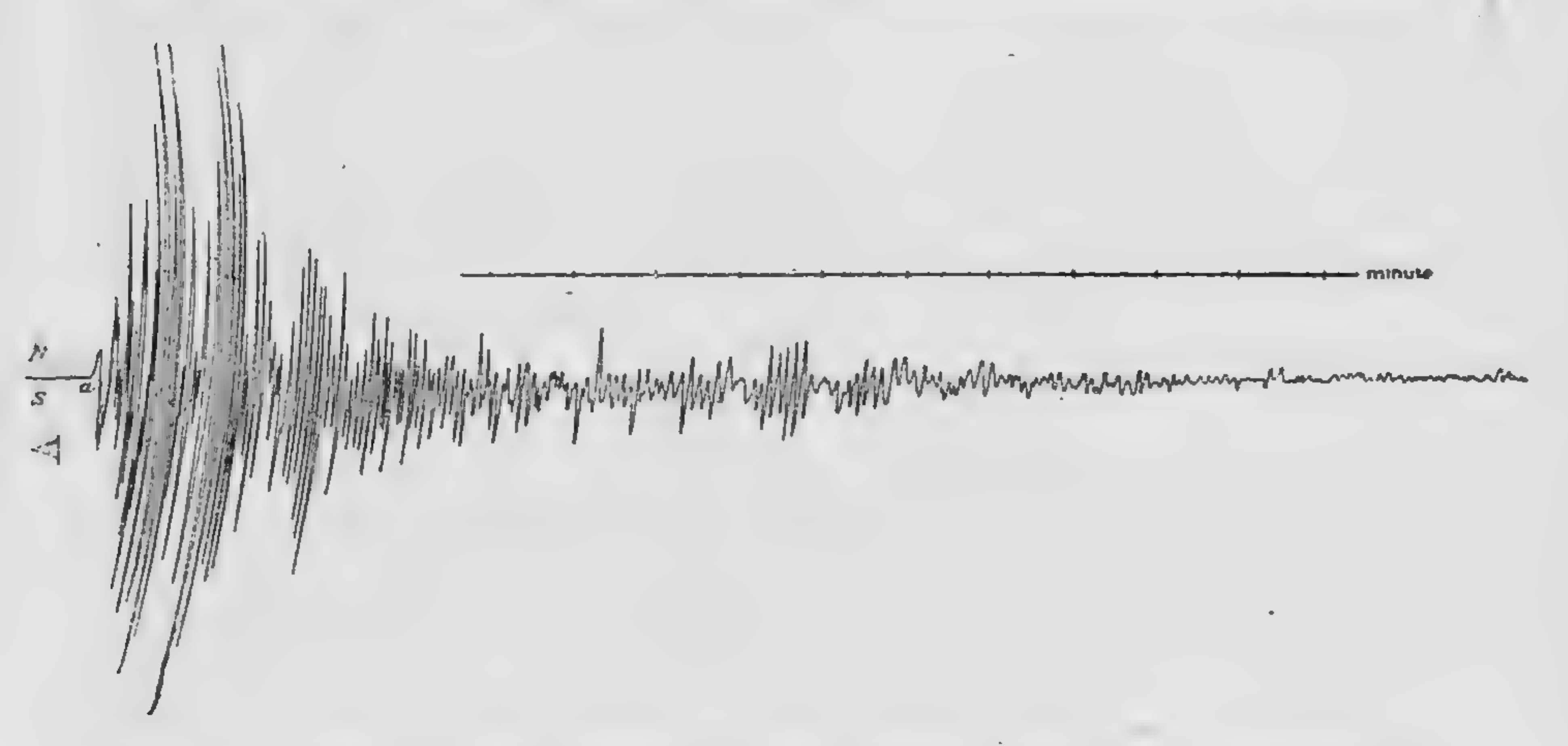


Рис. 22. Сейсмограмма близкого землетрясения. Японское землетрясение 1893 г. у Этиго, отмеченное в Токио. Предварительные колебания не обособились от главной фазы.

сейсмической области, где удары были косые. Такие удары, если они не разрушают стены домов, то дают трещины, по большей части идущие под прямым углом к направлению удара (рис. 17). (Угол образуемый этим направлением с горизонтальной линией, проведенною от эпицентра, называется углом выхода землетрясения.) Поэтому, если провести линию под прямым углом к трещине, то эта линия и укажет тот путь, по которому колебание пришло к данному месту. Если мысленно продолжить эту линию вглубь земли, то она и приведет нас к тому месту, из которого исходил удар, т.-е. к очагу землетрясения. Зная, под каким углом к горизонтальной поверхности земли мы углублялись, идя к очагу землетрясения, и на каком расстоянии от эпицентра мы начали углубляться, можно определить, как глубоко мы спустились, пока не дошли до очага землетрясения, лежащего прямо под эпицентром. Мы имели здесь задачу определения вертикального катета тре-

угольника (сейсмическая вертикаль) по горизонтальному катету (расстояние от эпицентра) и по острому углу (угол выхода землетрясения). Этот способ, при всей кажущейся простоте своей, однако, не дает надежных результатов, отчасти потому, что наклон трещин в избранном для этой цели здании очень различен для разных трещин и зависит и от характера кладки, и от расположения окон, и от того, как ориентирована стена, и, кроме того линия выхода удара на поверхность внутри земли идет не по прямому направлению, а делает изгиб, обращенный вогнутой стороной к поверхности земли. Что такое изгибание ударных линий, по которым распространяются колебательные движения, должно про-

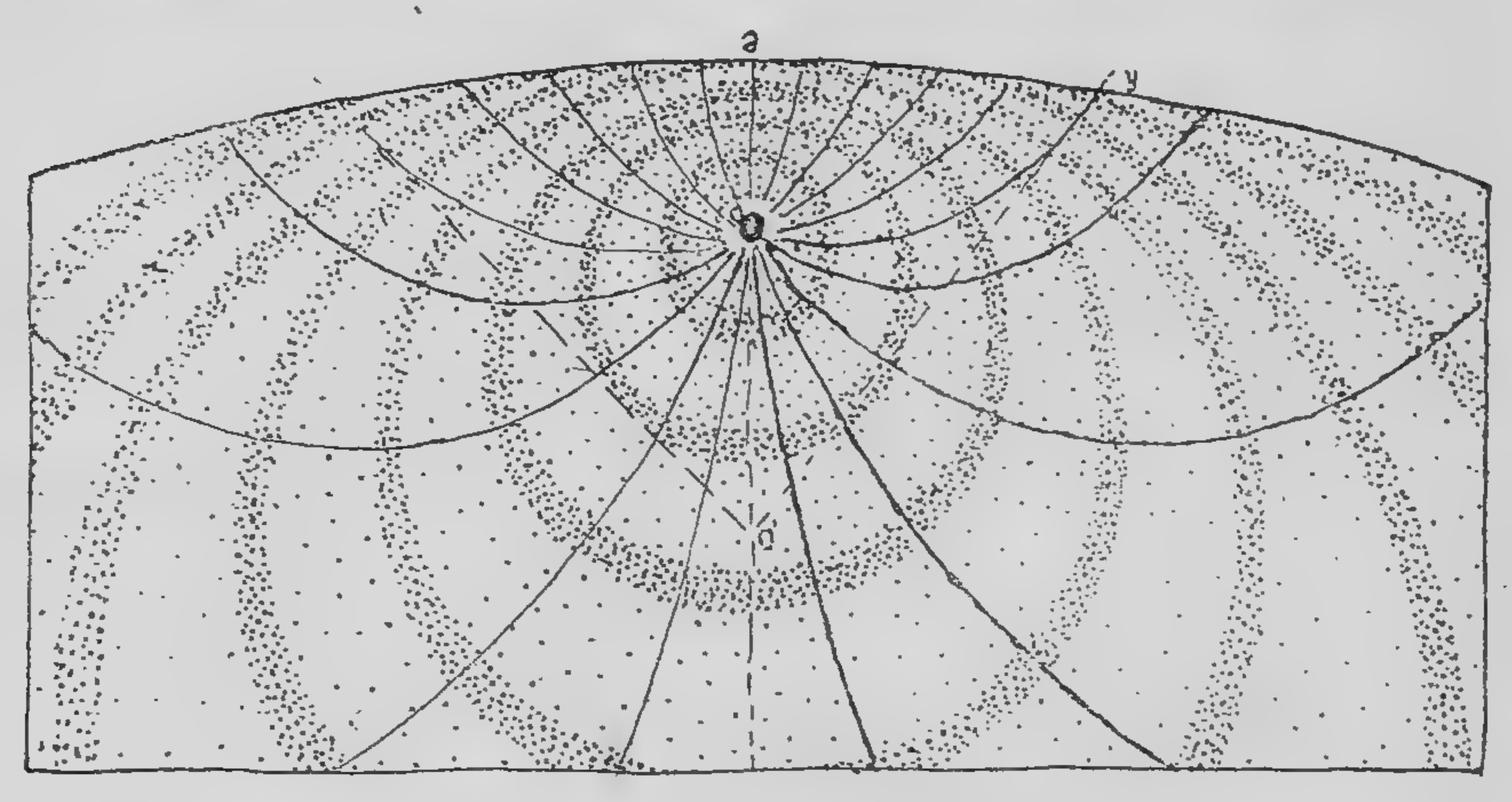


Рис. 23. Схема распространения в земной коре ударных сейсмических линий, изгибающихся вследствие того, что плотность масс земли увеличивается с глубиною.

исходить, это было доказано Августом Шмитом, который обратил внимание на то, что сейсмические волны должны распространяться в земле не с одинаковою быстротою во все стороны концентрическими шаровыми поверхностями с прямолинейно расходящимися от центра радиусами (ударными линиями). Вследствие того, что плотность пород, слагающих землю, увеличивается с глубиной, волна землетрясения идет в глубину с бо́льшей быстротой, чем к поверхности (рис. 23). Поэтому волны ближе к поверхности земли должны быть более сближены, а в глубине будут отстоять дальше. Ударные линии должны итти под прямым углом к поверхности каждой волны и, следовательно, изгибаться, как это показано на рисунке. По чертежу видно, что, определяя глубину очага земле-

трясения по углу выхода на поверхность ударной линии, мы должны получить не истинную, а бо́льшую глубину и не имеем возможности определить предел ошибки. Делались также попытки определять глубину центра землетрясения по изосейстам, линиям равной интенсивности, исходя из того положения, что интенсивность землетрясений обратно пропорциональна квадрату расстояния от исходной точки удара. Все эти способы не дают надежных результатов еще и потому, что представление о центре землетрясения, как об одной точке, в большинстве случаев не соответствует действительности.

V.

Отчего происходят землетрясения, и как постепенно раз'яснялись представления о природе и о географическом распространении землетрясений.

Мы уже видели, что некоторые слабые землетрясения вызываются ударами каменных масс, обрушивающихся в пещерах. Другие землетрясения, происходящие в вулканических местностях, об'ясняются ударами вулканических взрывов. Но к большинству землетрясений, притом наиболее сильных и охватывающих обширные области, эти об'яснения неприменимы. Эти землетрясения посещают чаще всего местности с горным характером или лежащие вблизи гор и охватывают длинные полосы земли, вытянутые всего чаще вдоль горных цепей (Верный, Кавказ, Калабрия). Их эпицентры имеют форму длинных узких полос. В горах землетрясения сопровождаются изломами и смещением каменных толщ. Это наводит на мысль, что и теперь в горных местностях происходят разломы. Чтобы разломать какую-нибудь плиту, нужно гнуть ее, привести ее в напряженное состояние, которое, наконец, разрешится разломом. Это приводит к мысли, что в области гор внутри земли ее каменные массы находятся или по временам приходят в напряженное состояние, разрешающееся изломом, а на поверхности отдающееся сотрясением и разнообразными разрушениями. Есть основание думать, что только очень сильные и далеко распространяющиеся землетрясения обусловливаются образованием новых разломов и смещений по ним больших каменных масс, а зе-

млетрясения более слабые связаны с подвижками и дальнейшими приспособлениями пластов по поверхностям прежних разломов.

Здесь уместно прибавить, что разрывы и смещения слоев могут происходить и без изгибания их, а только под влиянием испытываемого ими бокового давления. Профессор Добре иллюстрировал этот процесс опытом, произведенным в лаборатории. Он подвергал давлению с боков глыбу воска (рис. 24) и получил систему расколов и смещения масс, аналогичные с теми, которые в большом масштабе наблюдаются в природе.

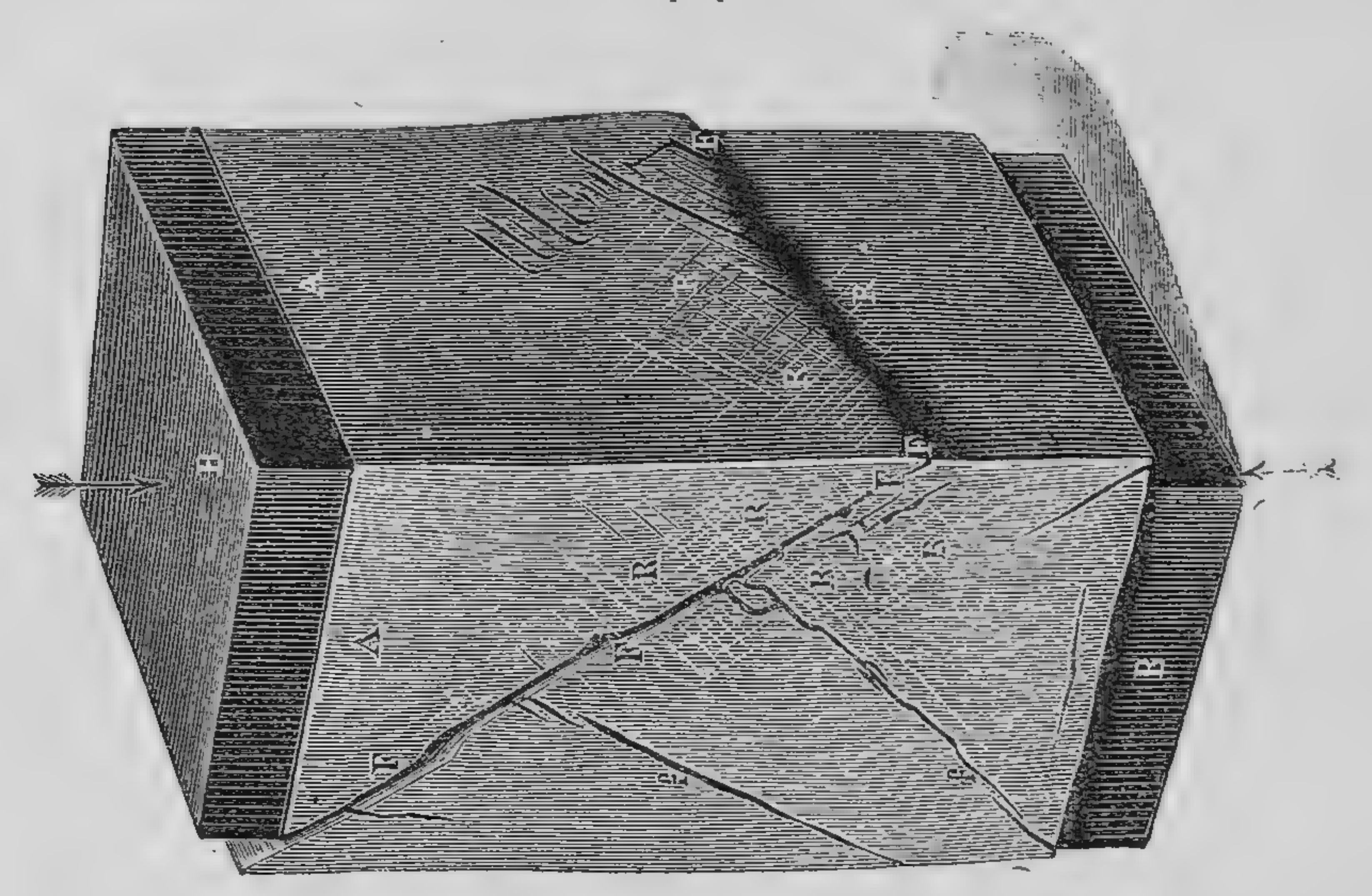


Рис. 24. Глыба воска, расколовшаяся и смещенная под влиянием давления в направлении, показанном стрелками. (В опыте Добре глыба была поставлена вертикально.)

Такой тип поверхностных скольжений, сопровождаемых системой меньших расколов, встречается в природе в несравненно более грандиозном масштабе. При сильных землетрясениях нередко наблюдается образование мелких трещин на-ряду с главною. Сравнительно слабые удары, предшествующие главному и за ними следующие, быть может, стоят в связи с образованием таких трещин, частью подготовляющих главный разрыв, частью приводящих уже сместившиеся массы в более устойчивое при новых условиях положение.

При многих землетрясениях было подмечено, что эпицентр с течением времени перемещается вперед во вполне определенном направлении, как будто разлом каменных пород распространяется

все дальше. Это явление называют поступательным перемещением точки удара.

Вопрос о причинах, вызывающих в глубинах земли эти напряжения, довольно сложный. Источник этих напряжений ищут в высокой температуре внутренних масс земли, постоянно охлаждающихся и при этом сокращающихся в об'еме. Поверхностные пласты, одевающие землю, должны при этом приспособляться к изменяющемуся об'ему и сокращающейся поверхности внутренней массы, на которой они лежат, они должны сжиматься в тангенциальном (горизонтальном) направлении и или изгибаться в



Рис. 25. Горный удар в Симплонском туннеле.

складки, или раскалываться и надвигаться один на другой, подобно тому, как это наблюдалось при опыте Добре. Эти подземные расколы и передвигания и производят тот подземный гул и удары, которые ощущаются на поверхности во время землетрясений.

Существование внутренних напряжений в горных местностях подтверждается замечательными явлениями, наблюдаемыми при прокладке туннелей. Это так называемые **горные удары**. Во вновь проложенном туннеле вдруг раздается громкий удар или треск, и от стенки туннеля отскакивают плиты совершенно свежей породы (рис. 25). Это указывает, что порода находилась в со-

стоянии внутреннего напряжения или сжатия, частицы ее были сближены внутренним давлением. Прокладка туннеля дала возможность ближайшим массам освободиться от этого напряжения и вернуться к нормальному расположению частиц. Эти явления бросают свет на происхождение подземных ударов при землетрясениях. Один немецкий геолог остроумно сравнил это явление с демоном землетрясения, пойманным на месте с поличным.

В горных странах наблюдаются и каменные складки, часто надвинутые одна на другую, и разломы, по которым каменные массы гор когда-то передвигались (рис. 26).

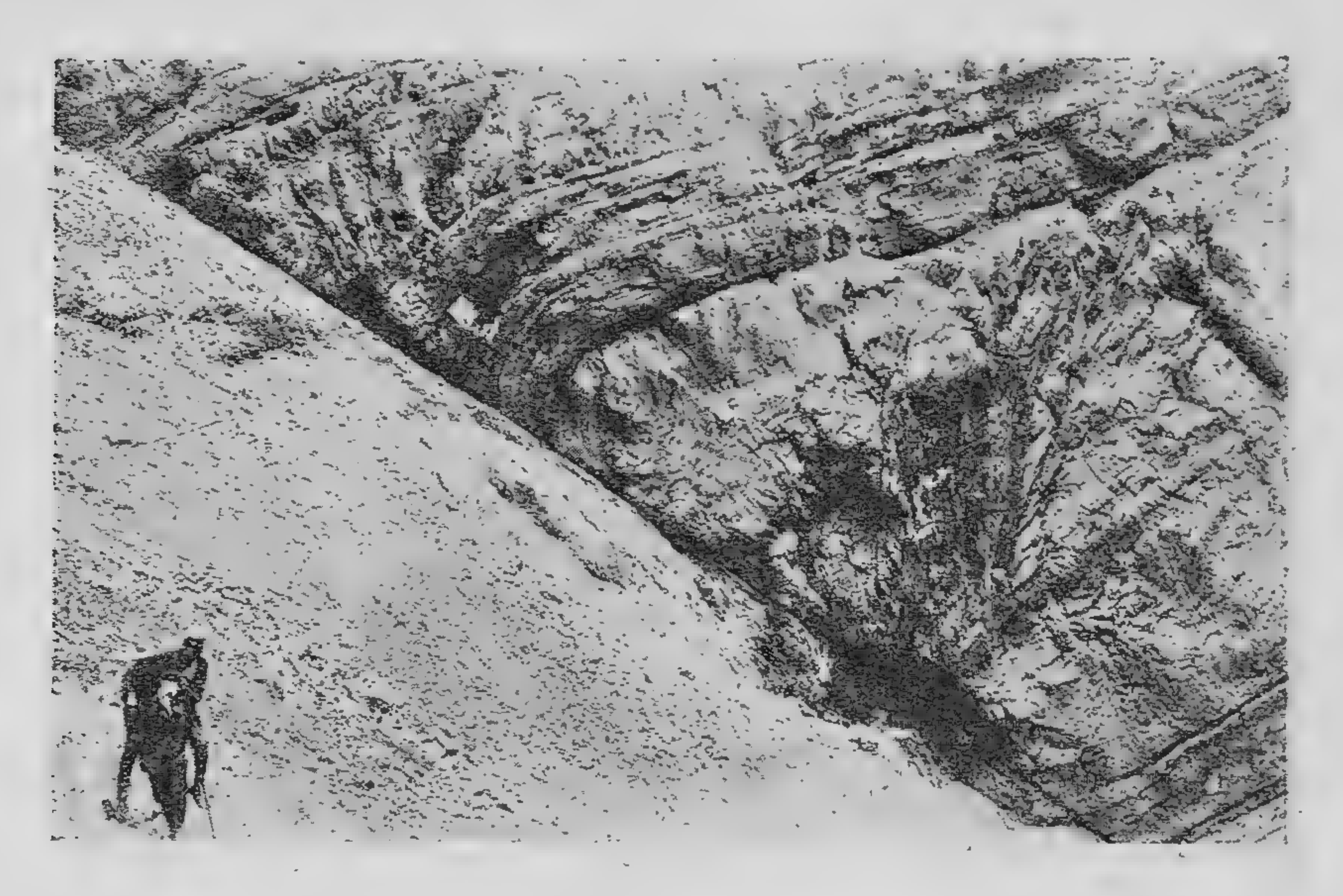


Рис. 26. Слои, перемещенные кверху по поверхности раскола (взброс в Гималайских горах).

В горах, очень давно образовавшихся, таких подвижек теперь уже не происходит, так как по этим расколам и разломам отложились минералы и руды, прочно скрепившие разломанные пласты. На минеральные и рудные жилы, прорезывающие горы, очень давно образовавшиеся, мы можем смотреть как на памятники прежних напряжений в земной коре, разрешавшихся когда-то изломами и катастрофическими землетрясениями. Это своего рода сейсмограммы природы, на которых отмечены землетрясения, происходившие в невообразимо отдаленные времена, за многие миллионы лет до существования на земле человека!

Теперь нам может быть понятно, почему землетрясения очень редки в равнинных странах, где пласты лежат спокойно, и в очень древних горных странах, где образовавшиеся в отдаленные времена трещины теперь заполнены рудами и минералами, и прочность земной коры таким образом восстановлена.

Нынешние представления о землетрясениях как о явлениях, вызываемых изломами и смещениями частей земной коры, представляют сравнительно недавнее завоевание науки. Лет 40—50 тому назад в распоряжении ученых имелись лишь разрозненные факты, касавшиеся, главным образом, внешних проявлений, сопровождающих землетрясения: характера толчков, образования трещин в зданиях, разрывов грунта земли и образования вдоль них конусов из грязи и песка, изменения в режиме источников и т. п. Делались попытки графически изображать на картах районы землетрясений в виде круга или овала с одной центральной точкой (эпицентром), обозначающей точку, из которой землетрясение распространялось по поверхности. Причиной толчков считали подземные вулканические взрывы, подготовлявшие будущие извержения вулканов. Об'ясняя редкость землетрясений в вулканических областях и часто случающиеся вулканические извержения, не сопровождаемые землетрясениями, придерживались старого об'яснения Гумбольдта, что вулканы являются предохранительными клапанами земли, и где эти клапаны открыты, там напряжение вулканических сил не может достигнуть такой степени, как в областях, лишенных вулканов. Кроме того, землетрясения ставились в связь с различными явлениями метеорологическими и космическими, не имеющими к землетрясениям никакого отношения.

Мало-по-малу новые факты пополняли и частию изменяли общую картину явления. Оказывалось, что эпицентры сильных землетрясений по большей части не представляют очень ограниченную область, которую можно сравнить с исходной точкой землетрясения, что нередко имеется несколько или целый ряд исходных точек, и эпицентр имеет линейный характер. Было обнаружено, что землетрясения, начинаясь от некоторых точек, расположенных вдоль линии, имеющей определенное отношение к географическому или геологическому характеру местности, повторяются через бо́льшие или меньшие промежутки времени, и таким образом намечались некоторые особенно излюбленные землетрясениями области. Геологическое исследование таких обла-

стей показало, что эти эпицентральные линии являются проэкциями на земную поверхность некоторых подземных поверхностей, по которым пласты земли разломаны и смещены, и эти поверхности, а не один ограниченный в своих размерах очаг, представляют исходные области землетрясений. Понятие о центре землетрясения и об эпицентре должно было измениться при свете этих новых данных. Вместо эпицентра стали употреблять другой термин для обозначения области наибольшего разрушения и вертикальных ударов—эпифокальная или плейстосейстовая область.

Только для землетрясений, связанных с деятельностью вулканов и производимых подземными взрывами вулканических газов, еще можно держаться прежних представлений о центре и эпицентре. Что же касается эпифокальных линий наиболее сильных и наиболее распространенных землетрясений, было установлено, что они не имеют прямого отношения к вулканам, но обнаруживают очень тесную связь с геологическим строением страны. В громадном большинстве случаев они расположены параллельно простиранию или осям горных складок и параллельно направлению расколов и сбросов, идущих в том же продольном направлении. В сравнительно редких случаях эти линии пересекают горные складки под углом, близком к прямому, или располагаются соответственно поперечным сбросовым линиям.

Эти очень важные для уразумения природы землетрясений факты были впервые установлены профессором Зюссом на основании изучения землетрясений в области восточных Альп. Зюсс показал, что там землетрясения часто повторяются в одних и тех же или близких местах, которые все расположены в пределах трех различных полос, и эпицентры землетрясений намечают своим расположением три линии, имеющие тесное соотношение с геологическим строением восточных Альп (рис. 27). Одна из них—линия Мюрца—направлена по простиранию южно-альпийских складок вдоль долины протекающей здесь реки Мюрц, отчего эта сейсмическая линия и получила свое название. Другая сейсмическая линия идет по направлению большого сброса слоев, отделяющего восточные Альпы от примыкающей к ним с востока Венской низменности. Ряд выходов теплых минеральных источников или терм расположен по этой линии, отчего она и получила название термальной линии. Третья сейсмическая линия, начинаясь близ южного конца термальной, пересекает альпийские складки и покровы несколько западнее, далее пересекает долину Дуная и продолжается в том

же направлении на Чешский массив. Значительная часть этой линии совпадает по направлению с низовой частью р. Кампа и продолжается еще дальше в том же направлении на с.-з. Она получила название линии Кампа. Геологические исследования обнаружили расколы и смещения слоев по линиям, идущим в том же направлении. На линии Кампа землетрясения проявляются особенно сильно там, где линия выходит из Альп в примыкающую к

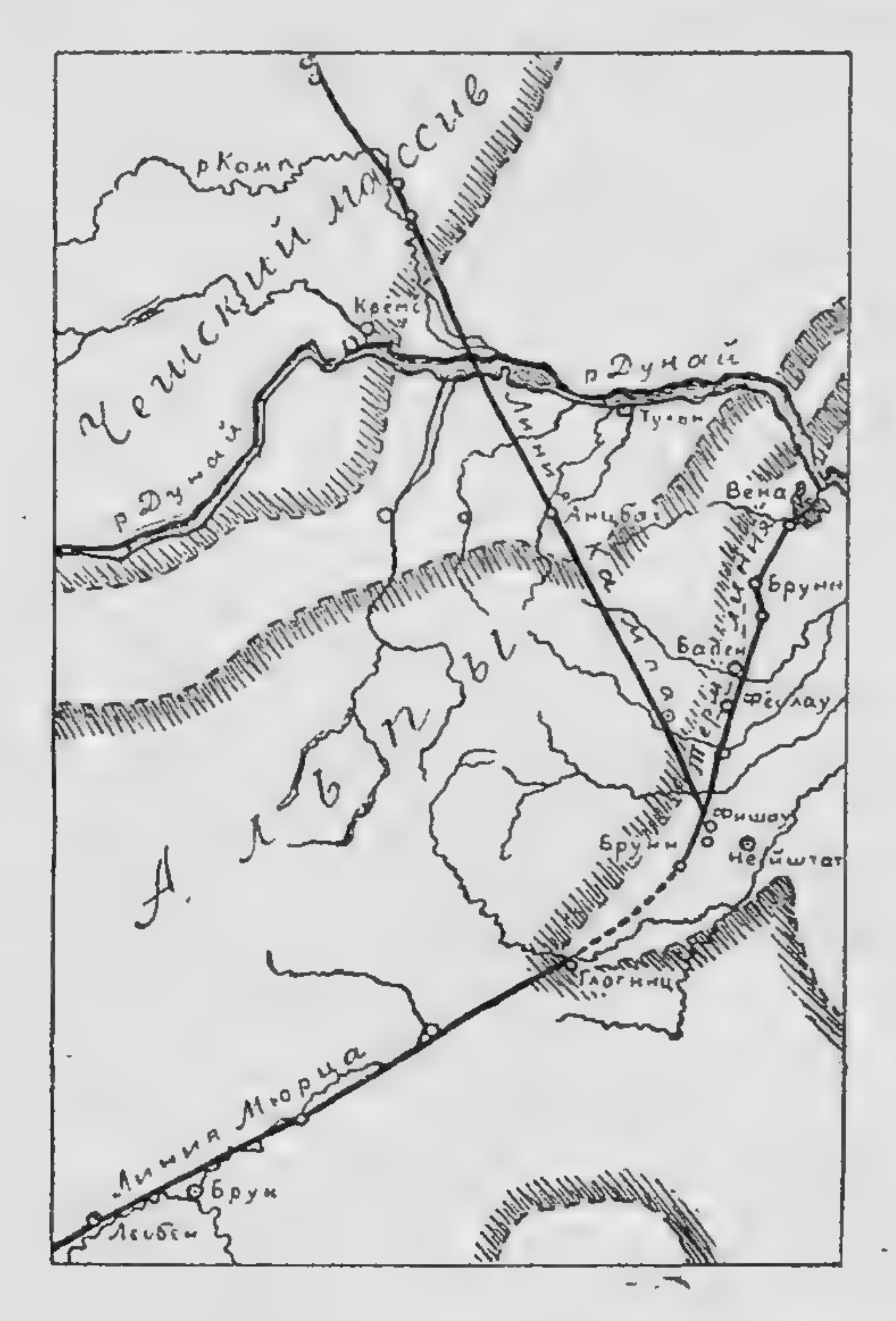


Рис. 27. Линии эпицентров землетрясений в восточных Альпах.

Дунаю равнину, и там, где эта линия встречается с термальной, в этом месте на термальной линии сосредоточены и более обильные теплые источники.

Это исследование проф. Зюсса показало, что очагом или исходною областью сейсмических волн является не какая-нибудь определенная точка в земной коре, где происходят вулканические взрывы, а значительный участок земной коры, где происходит движение по поверхности, определяемой геологическим строением

местности. Эта поверхность в одном случае соответствует направлению складок (линия Мюрца), в двух других—пересекает складки поперек. Особенно ясна связь термальной сейсмической линии с большим разломом слоев земной коры или сбросом, по плоскости которого лежавшие к востоку продолжения альпийских складок опустились вниз и покрылись морскими отложениями, из которых сложены прилежащие низменности. По той же поверхности раскола нашли себе путь из земных глубин теплые минеральные источники. Землетрясения, посещающие эту полосу, свидетельствуют о том, что равновесие переместившихся масс и теперь еще не вполне установилось, и время от-времени происходят подвижки каменных масс по этому большому и очень давно образовавшемуся расколу.

Смещения слоев, обнаруженные по линии Кампа, менее значительны, чем большой сброс по термальной линии. Возможно, что здесь подготовляется и произойдет в будущем грандиозный поперечный разлом и сброс слоев, из которых сложены восточные Альпы. Землетрясения этого типа, тесно связанные с расколами и смещениями слоев земной коры, и были названы тектоническими или дислокационными [1]).

Другая работа профессора Зюсса была посвящена изучению одной из самых излюбленных землетрясениями областей Европы — Калабрии и с.-в. Сицилии (рис. 28). В этой области имеются и вулканы и между ними самый большой европейский вулкан Этна, и группа вулканических островов Липарских или Эоловых, расположенная в Тиренском море к северу от Сицилии и к западу от Калабрии. Были поэтому основания ставить в связь землетрясения, посещающие эту область, с деятельностью вулканических сил.

Исследования Зюсса показали, что непосредственной связи между этими двумя явлениями нет, и, что как землетрясения, так и проявления вулканической деятельности стоят в тесной связи с геологическим строением области и связаны с ее геологическим прошлым.

Мы уже знаем, что южная Калабрия и Сицилия пережили особенно разрушительное землетрясение в 1783 году, и что происходившие при этом явления были довольно подробно исследованы и описаны. Из этих описаний видно, что отдельные удары землетря-

---

[1]) Т е к т о н и к о й называется отдел геологии, изучающей расположение масс земной коры. Дислокацией геологи называют смещение слоев из их первоначального положения, будет ли то сгибание их в складки (пликативная дислокация) или смещение по поверхности разлома (дизъюнктивная дислокация).

сения перемещались вдоль некоторой линии или узкой полосы, ограничивающей с запада крутой склон древнего гранито-гнейсового массива Аспромонте (рис. 29). Как раз по этой линии проходит разлом слоев, отделяющий Аспромонте от двух небольших, лежащих к западу массивов, Сцилла и Ватикано. Оказывается, что и дальше на север идет полоса, вдоль которой расположены места, особенно часто посещаемые землетрясениями. Это пониженная полоса, разделяющая массив Силя от береговых гор Кокуццо, представляющих продолжение массива Ватикано, отделенное от него заливом Эй-



Рис. 28 Карта северной Сицилии и Калабрии с периферической линией землетрясений и с расходящимися от Липарских островов радиальными линиями.

фемия. Вдоль этой полосы продолжается и линия раскола, образующая восточную границу Аспромонте. Далее оказалось, что эта дуговая линия частых сейсмических ударов продолжается и южнее к городу Реджио и переходит через Мессинский пролив на Сицилию, где идет южнее Пелоританских гор через вулкан Этну и еще далее к востоку через г. Никозию к горам Мадоние, расположенным к востоку от г. Палермо. Эта замечательная линия эпицентров землетрясений образует дугу, огибающую с запада и с юга Тиренское море. Вулканические Липарские острова расположены внутри этой дуги, занимая как бы центральную ее область.

Геологи выяснили, что на месте Тиренского моря раньше (до середины третичного периода) была суша — Тиренаида, которая потом опустилась под уровень моря по линиям разломов, из которых некоторые и теперь ясно видны на полуострове Калабрии и обусловливают его очертания.

Залив Эйфемия, отделяющий Ватикано от Кокуццо, и другой, более южный, залив Джойя представляют опустившиеся под море части Калабрии, по расколам, глубже врезавшимся в материк. Сцилла, Ватикано и Кокуццо представляют еще уцелевшие осколки этой древней Тиренской земли. Выше намеченная дуговая линия, особенно излюбленная землетрясениями, представляет дальнейшую линию раскола, по которой в будущем, быть может, вся полоса берега к западу от нее опустится в море. Таким образом выяснилось, что линия частых землетрясений этой области представляет

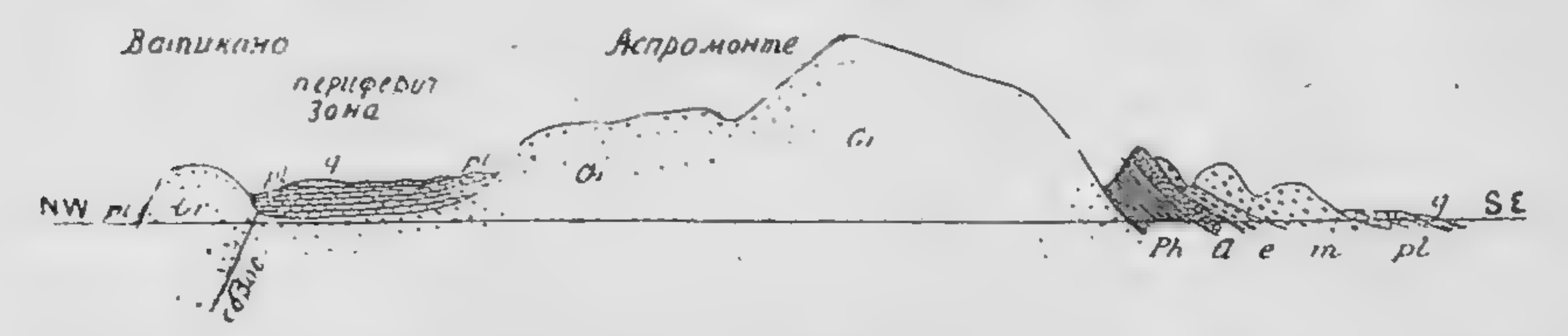


Рис. 29. Геологический разрез Калабрии с С.-З. на Ю.-З. Qr — гранит, Ph—древние сланцы, a—триасовые и юрские слои, e, m, pl—третичные слои, q—послетретичные отложения.

собою полосу, намечающую край области опускания (периферическая полоса на рис. 29).

Эта опустившаяся суша раскалывалась и по радиусам, и эти расколы дали выход горячим лавам и газам из глубоких недр земли, в результате чего и образовалась вулканическая группа Липарских или Эоловых островов. Эти вулканы расположены по трем расходящимся линиям. Одна из них идет на юг через город Патти, часто посещаемый землетрясениями, и далее на Этну. Другая линия идет на северо-восток, через вулкан Стромболи. Если продолжить ее еще дальше на северо-восток, она пересечет Калабрию севернее города Козенцы. Оказывается, что по этой линии тоже расположен ряд эпицентров частых землетрясений, и эти землетрясения нужно признать связанными с радиальным расколом. Они часто сопровождаются усилением деятельности Липарских вулканов.

Исследования Зюсса выяснили, что землетрясения Калабрии и Сицилии тесно связаны с областью опускания Тиренской земли,

и одни из них, например, разрушительное землетрясение 1783 г., представляют землетрясения периферические, связанные с линиями разломов, ограничивающих эту область. Другие землетрясения (Патти, Козенца) являются радиальными, связанными с радиальными расколами погибшей земли. Вулканические извержения по отношению к этим дислокационным землетрясениям представляют явление второстепенное.

Результаты исследований Зюсса были впоследствии пополнены и отчасти изменены работами итальянских геологов: Кортезе, Баратта, Меркалли, де Лоренцо. На этих работах мы не останавливаемся, так как отмечаем лишь главные направления в поступательном движении знаний о природе землетрясений.

Выводы Зюсса нашли блестящее подтверждение в работах французского артиллерийского офицера графа Монтессю де Баллора, который посвятил 25 лет упорного труда изучению землетрясений, создал новое направление в сейсмологии и мощно содействовал ее дальнейшему прогрессу. Необходимо поэтому отметить здесь самое существенное из того, что дали науке его труды.

VI.

Географическое распространение землетрясений.

Уже давно стало известно, что одни страны часто посещаются землетрясениями, и землетрясения в них нередко бывают очень разрушительны, в других странах землетрясения бывают более или менее часты и сильны, но не достигают катастрофической разрушительной силы, в третьих странах землетрясений или вовсе не бывает, или они бывают слабы и редки. Основываясь на этом, можно было поставить задачу — сравнить между собою разные области земли по степени их сейсмичности и далее сопоставить эту сейсмичность с географическими и геологическими особенностями стран и попытаться этим способом выяснить причины высокой сейсмичности некоторых стран. Осуществление этой задачи и предпринял Монтессю де Баллор. Упомянутые сейчас три типа стран он обозначил терминами: сейсмичные, пенесейсмичные или слабо сейсмичные и асейсмичные или несейсмичные.

Не ограничиваясь этой общей характеристикой, Монтессю де Баллор, руководствуясь существующими каталогами землетрясе-



Рис. 30. Карта Японии с показанием эпицентров землетрясений. Цифры при черных кружках указывают среднее число землетрясений в год.

ний, отмечал на картах одного и того же масштаба эпицентры землетрясений черными кружками разного диаметра (рис. 30), причем диаметр кружков брал тем больший, чем чаще данный пункт подвергался землетрясениям и чем интенсивнее они проявлялись.

Таким образом для каждой страны была составлена карта эпицентров, наглядно показывающая степень ее сейсмичности (рис. 30). Чтобы составить такие карты, нужно было собрать сведения более чем о 170.000 землетрясений и критически оценить степень их достоверности. Эта колоссальная работа и привела к созданию сейсмической географии.

Осуществив эту работу, Монтессю де Баллор сравнил сейсмичность стран с их топографией и геологическим характером и получил ряд интересных выводов. Оказалось, что сейсмичные области суть области крутых склонов, области наибольшего превышения одной части земной коры над другой. Это находит свое об'яснение в том, что резкий рельеф по большей части стоит в связи с большим вертикальным смещением слоев, а это естественно обусловливает более легкое возникновение землетрясений или вследствие того, что нарушено равновесие масс, или оттого, что еще продолжаются тектонические подвижки, обусловившие это смещение.

Подводные землетрясения тоже приурочены к крутым краям глубоких океанских впадин, примером чего является глубокая впадина Тускарора, из которой исходит большая часть землетрясений, посещающих восточные побережья Японии.

По отношению к географическому распределению нестойких областей земли Монтессю де Баллор пришел к выводу, что нестойкие области земли распределяются в две большие полосы землетрясений, соответствующие двум большим кругам земного шара: Средиземноморскую или Альпийско-Кавказско-Гималайскую и Тихоокеанскую или Андо-Японско-Малайскую (рис. 31). Эти две полосы совпадают и с двумя наиболее важными линиями рельефа земной поверхности. Этому чисто географическому выводу можно дать и геологическое истолкование: обе эти сейсмические полосы совпадают с некоторыми замечательными полосами земной поверхности, которые получили название геосинклиналей. В среднюю эру геологической истории эти полосы очень долгое время были заняты морем, на дне которого отлагались мощные пласты осадочных пород. Под тяжестью этих пород эти полосы прогибались вниз и попадали в такие области земной коры, где господ-

ствует высокая температура, там они изменяли свой минеральный характер, частично размягчались и вообще образовали те части земной коры, которые обладают меньшей прочностью сравнительно с другими давно отвердевшими ее участками, из которых в значительной мере построены материки. При общем ходе охлаждения и сжатия земли, о котором было упомянуто выше на стр. 41, эти менее прочные части коры сжимались в складки между прочными плитами материковых массивов.

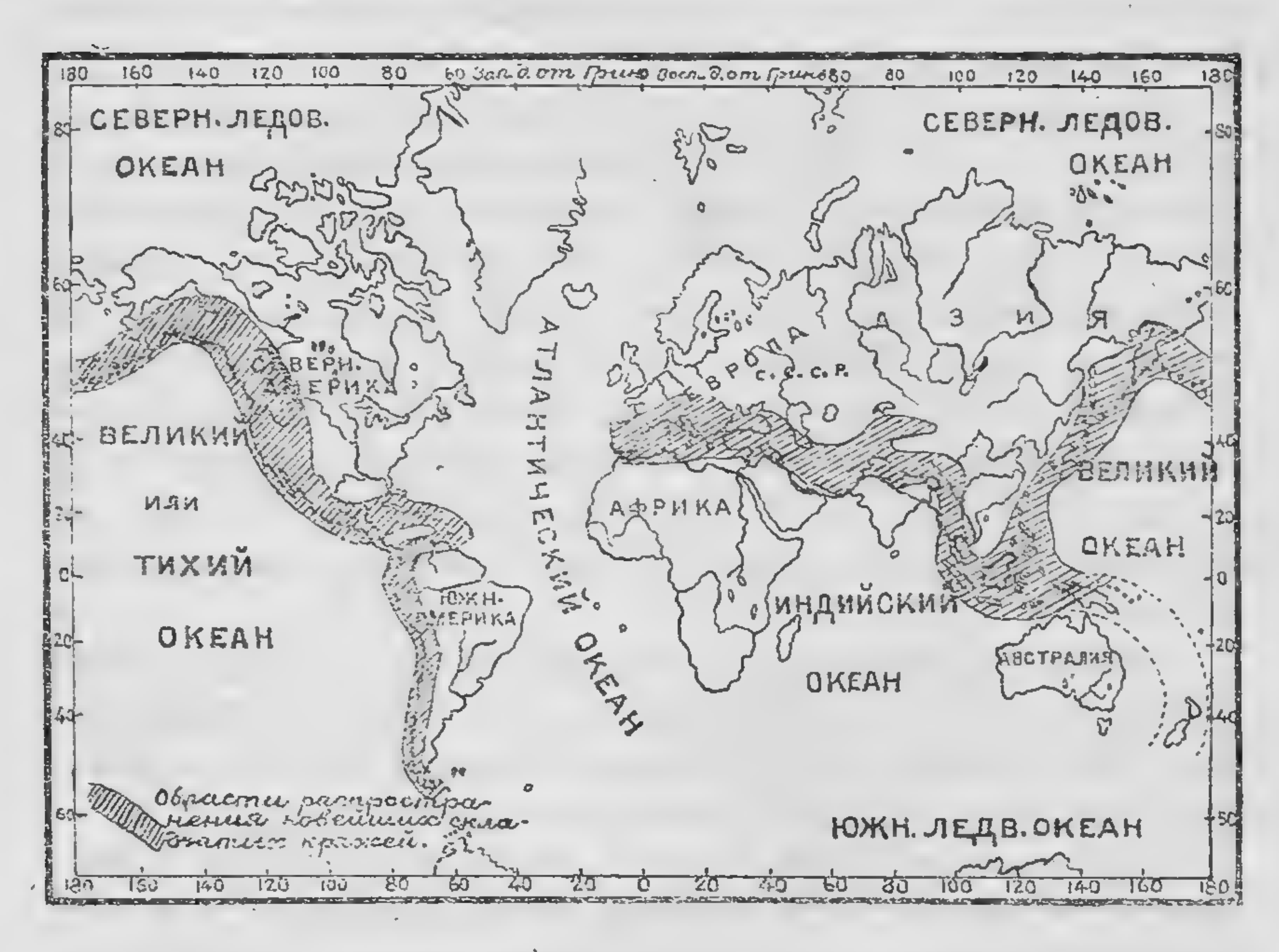


Рис. 31. Карта геосинклиналей мезозойной эры, совпадающих с нестойкими областями земли.

При постепенном многовековом ходе этого процесса эти складки выдавливались вверх, местами надвигались одна на другую и образовали горные цепи. Образование тех горных цепей, которые расположены в пределах сейчас названных сейсмических полос, происходило главным образом в третичный период истории земли, т.-е., в геологическом смысле, относительно еще недавно. Другие горные цепи, например, Урал, Скандинавские горы, Аллеганы Северной Америки образовались в другие несравненно более отдаленные геологические времена; тектонические движения в них давно затихли, и сейсмических полос на земле они не образуют.

Раньше мы видели, что старое представление об эпицентре землетрясения как об одной точке, по существу неверно, но в трудах Монтессю де Баллора оно, соответственным образом измененное, с целью обозначения степени сейсмичности, сослужило науке большую службу, дав возможность выяснить законы распределения сейсмических проявлений на поверхности земного шара.

VII.

Дальнейшее представление о связи землетрясений с тектоникой.

Дальнейшие шаги в деле уяснения природы землетрясений сделал проф. Хоббс, работы которого как бы продолжают направление, намеченное Зюссом, и дают иное представление об эпицентрах землетрясений и об условиях, определяющих степень сейсмичности разных областей. Монтессю де Баллор отнесся с полным сочувствием к сочинению Хоббса, в котором он это направление науки вновь выдвигает на первый план, и написал к нему предисловие. Он говорит в этом предисловии, что прежнее представление об эпицентре, позволившее подойти к познанию законов распространения землетрясений, должно быть оставлено. Теперь этот путь пройден, и при изучении отдельных землетрясений, в большей части случаев, речь должна итти не о движении в каком-нибудь одном пункте, где нарушено геологическое равновесие, а о нарушении, охватывающем целый район, на которое откликаются и соседние участки.

Изучая по карте расположение городов и селений Калабрии, особенно пострадавших от землетрясения 1905 г., Хоббс заметил, что эти пункты наиболее разрушительных толчков располагаются по определенным нередко параллельным линиям (рис. 32), и многие из этих линий совпадают с линиями расколов и сбросов, обнаруженных геологическими исследованиями. Это давало повод думать, что и другие линии сильных разрушений указывают на положение сбросов, которые не были обнаружены на поверхности, но этим способом могут быть намечены в охваченной землетрясением области. Многие из этих линий расположены параллельно основаниям горных массивов и вообще обнаруживают в своем расположении тесную связь с тектоническими особенностями страны и с ее топографией.

Базируясь на этих соотношениях, Хоббс смотрит на землетрясения, как на результат небольших подвижек между глыбами на которые разбита земная кора; этими движениями восстанавливается равновесие между ними, нарушенное воздействием геологических сил. Эти линии он назвал сейсмотектоническими. Вза

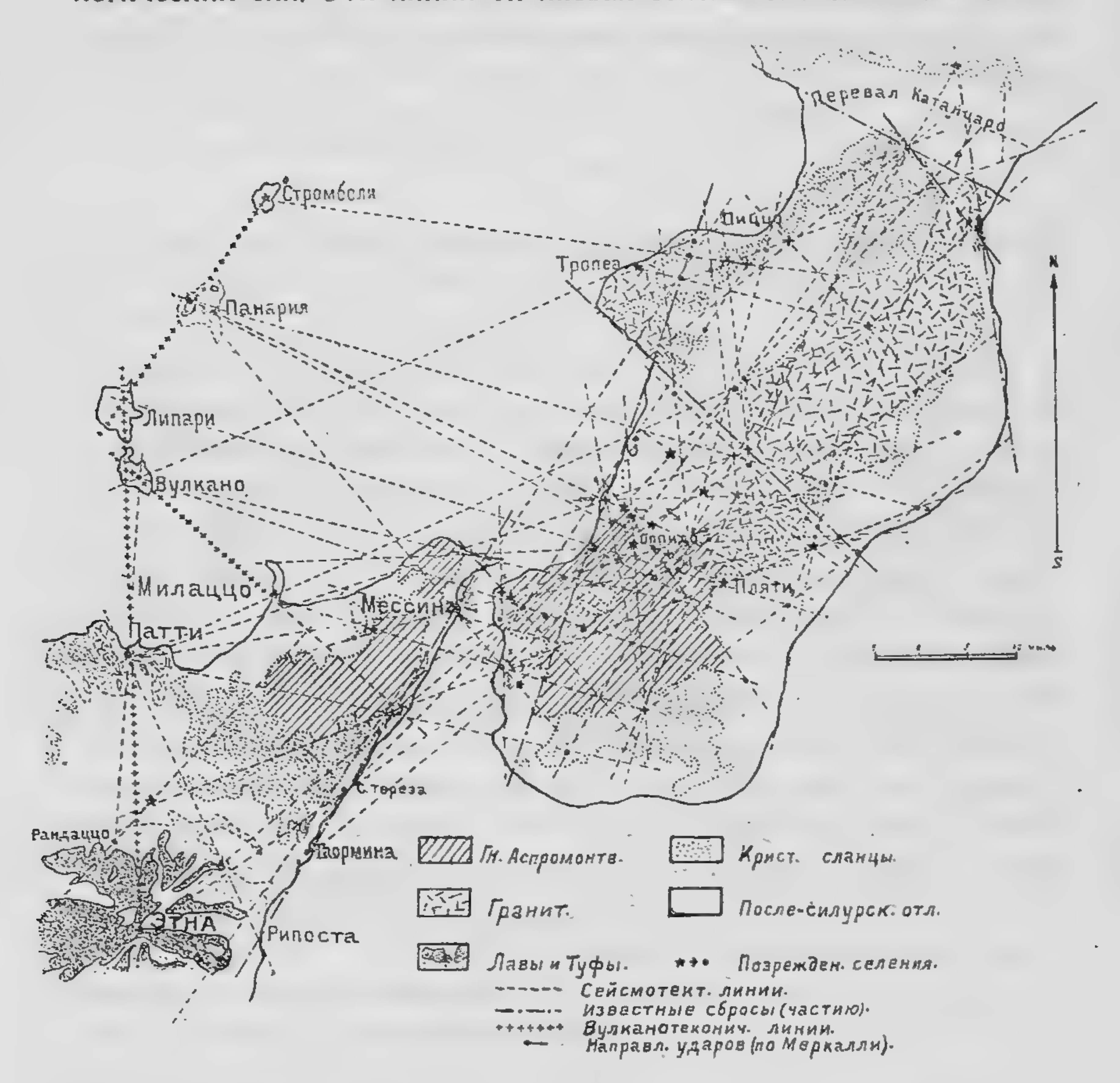


Рис. 32. Карта Калабрии, составленная Хоббсом после изучения землетрясения 1905 г. с показанием линеаментов и других линий, указывающих на внутреннюю структуру страны.

имно пересекаясь, они образуют довольно сложную сеть (рис. 32), и пункты, расположенные в местах их пересечения, обнаруживают наиболее сильную сейсмичность, являясь эпицентрами частых и разрушительных землетрясений, волны которых достигают этих пунктов по обеим пересекающимся здесь линиям. Вулканы, расположенные против Калабрии, а также и более отдаленные вул-

каны, также располагаются вдоль определенных линий, которые Хоббс называет вулканотектоническими. Линейное расположение вулканов для многих из них было уже очень давно указано, еще в начале прошлого века, в работах Гумбольдта, а для вулканов Липарских островов проф. Зюсс очень определенно отметил это и поставил в связь с тектоникой страны. Хоббс несколько видоизменил линии, указанные Зюссом, и прибавил к ним другие, наметив их продолжение до отдаленных вулканов и пунктов подводных извержений в Средиземном море к югу от Сицилии. Хоббс считает, что все эти линии намечают расположение расколов земной коры, открывших продуктам вулканической деятельности путь из глубин к земной поверхности. Вулканы, расположенные вдоль этих линий, разделены более или менее значительными промежутками, что можно об'яснить тем, что в определенных местах расколов вулканические материалы находили более свободный выход. Эти места более свободного проявления работы вулканических сил оказываются расположенными в точках пересечения расколов разного направления.

На-ряду с этими двумя типами тектонических линий, явно связанных с расколами и дислокациями земной коры, Хоббс намечает еще одну систему линий, которые он называет линеаментами или геотектоническими линиями. Он относит к этой группе некоторые прямолинейные направления, которые намечаются на карте какой-нибудь страны частью на основании ее географических и топографических особенностей, частью принимая во внимание границы между слагающими ее геологическими образованиями. Например, местами бывает ясно выражено и долго выдерживается прямолинейное направление морского берега; продолжая дальше это направление, можно заметить, что оно продолжается в линию, отграничивающую какой-нибудь горный массив от прилежащей равнины; дальнейший ход линии, может быть, намечается долго выдержанным прямолинейным направлением речной долины, прямолинейной границей между двумя геологическими системами и т. п. Прямые линии, этим способом намечаемые, указывают на существование здесь расколов или сбросов в земной коре, непосредственно на поверхности не наблюдаемых. Вообще следы сбросовых поверхностей редко обнаруживаются непосредственно, но могут быть определены геологическими исследованиями. На основании данных, собранных при изучении Калабрийского землетрясения 1905 г., Хоббс показал, что во время земле-

трясения, охваченная им область становится очень чувствительной к скрытым сбросам; распределение и перемещение сейсмических ударов дает указание на их направление. Сбросы, этим способом обнаруженные, могут быть названы сейсмотектоническими. Эти сейсмотектонические линии в большинстве случаев соответствуют по положению ясно выраженным линеаментам страны, и это дает возможность получить, путем изучения топографии, тектонической геологии и сейсмической истории, несовершенную, но все же очень ценную карту, раскрывающую архитектуру сейсмической области. Такая карта показывает положение тех расколов в земной коре, которыми она подразделена на мозаику более или менее смещенных плит и глыб, и эти линии расколов могут быть названы сейсмоктетоническими или вулканотектоническими, или просто линеаментами, смотря по тому, обнаружены ли они землетрясениями, рядами вулканов или топографическими и геологическими особенностями.

Профессор Хоббс составил такие карты сначала для Сицилии и Калабрии (рис. 32), а потом и для многих других стран. Они помогают распознавать положение тех поверхностей, по которым возможны небольшие подвижки этих плит, являющиеся источником землетрясений. Места наибольшей силы сейсмических ударов — эпицентры — обыкновенно расположены в местах пересечения линеаментов. Ввиду всего этого проф. Хоббс склонен отождествлять линеаменты с сейсмотектоническими линиями, считая последние лишь более определившимися линеаментами.

На составленных им картах и линеаменты и сейсмотектонические линии скомбинированы в одну общую систему, и можно видеть отношение этих линий к эпицентрам землетрясений. Основываясь на этих соотношениях, проф. Хоббс предлагает заменить формулировку закона Монтессю де Баллора, указывающую на тесную связь сейсмичности с рельефом, другою формулировкой: «Сейсмичность приурочена к линеаментам земли (сбросам) и оказывается наибольшей в местах их пересечения».

VIII.

Ассамское землетрясение 1897 г.

Для иллюстрации того, какие движения масс, какие изменения ландшафта могут оказаться в результате сильного землетрясения, мы познакомимся еще с одним сильнейшим землетрясением, быть

может, самым сильным за все историческое время, но мало обратившим на себя внимание. Оно произошло 12 июня 1897 г. в северо-восточной Бенгалии и в западной части индийской провинции Ассам к югу от Гималаев на реке Брамапутре. Там нет больших городов, местность мало населена и на большей части своей площади покрыта лесами (джунглями), настолько густыми, что в них можно проникать только, пролагая себе путь топором и пилою. Вследствие этого это замечательное землетрясение осталось мало известным вне кругов специалистов-геологов.



Рис. 33. Карта области, охваченной ассамским землетрясением 1897 г.; треугольник с закругленными углами — плейстосейстовая область, —— первая изосейста, - - - - вторая изосейста, — — — — пятая изосейста, ... область сильных разрушений, ..—. —. —..— область, откуда получены сведения об ударах землетрясения.

Это землетрясение отличается огромными размерами эпифокальной области. Она имеет форму, приближающуюся к треугольной с основанием в 250 км (рис. 33). На всей этой площади землетрясение достигло и даже превысило силу, отмечаемую высшим баллом скалы Росси-Фореля. На всей этой площади не осталось ни одного неразрушенного дома. Все разрушения произошли в первые 15 секунд, сильные удары прекратились через 2½ минуты. Повторные удары, то более слабые, то более сильные, продолжались еще долгое время, становясь все реже и реже.

Один из геологов индийского геологического комитета был в это время в г. Шилонге. Он сообщил, что за одну или за две се-

кунды до главного удара послышался гул, подобный грому, он все усиливался и слился с треском разваливавшихся зданий. Он не мог устоять на ногах, сел на землю и не только чувствовал, но и видел, что земля поднималась волнами, «как мягкое желе». Когда сильные удары кончились, все дома в Шилонге были совершенно разрушены, и над каждой грудой развалин стояла туча пыли. Из образовавшихся в земле трещин выбрасывалась вода с песком на высоту более сажени.



Рис. 34. Кладбище в селении Черрапунья с памятниками, погрузившимися в песок во время землетрясения.

Вследствие необитаемости области, многие происшедшие в ней изменения остались неотмеченными, но произведенное в ближайшие месяцы исследование раскрыло сложную картину явления. Между прочим, была произведена повторная триангуляция, которая обнаружила и горизонтальное и вертикальное смещение точек. Но точные результаты нельзя было получить, так как и положение исходной линии изменилось. Но и помимо измерительных работ были обнаружены разнообразные изменения земной поверхности. Они выразились в образовании изгибов поверхности, трещин и сбросов, а также в том, что прямые рельсы железной дороги изогнулись змейками во время землетрясения (рис. 35). О сильном боковом давлении в слоях свидетельствует тот факт, что местами под-

лочвенные слои песчаника раздавливались в песок. На кладбище селения Черрапунья в образовавшийся таким образом песок погружались каменные памятники (рис. 34). Вследствие изгибов поверхности, вызванных боковым давлением, местами заметно изменился характер пейзжей: горы, раньше невидимые с некоторых пунктов, стали видимы. С одной станции на холмах Гаро река Брамапутра была едва видна на очень небольшом протяжении, а после землетрясения стала видна во всей своей ширине. С другого пункта открылся новый широкий вид на равнины к востоку от Брама-



Рис. 35. Рельсы на Восточно-Бенгальской железной дороге, изогнувшиеся змейками во время землетрясения.

путры. В связи с этими изменениями рельефа образовались новые озера; о недавнем их образовании свидетельствовали погруженные в воду деревья. В других местах запруженные потоки стали непроходимы там, где прежде было очень мало воды.

Местами образовались большие трещины в земле. Около них удары были особенно сильны, деревья были повалены и переломлены, камни подбрасывались вверх и, перевернутые, падали на другое место, большие каменные глыбы сбрасывались с холмов и пролагали себе путь через лес, росший на склонах.

Были обнаружены два большие сброса. Самый большой из них—Чедрангский (рис. 36). Он был прослежен на 16 километров вдоль р. Чедранг, но дальнейшее продолжение его скрыто с одной стороны под аллювием р. Брамапутры, с другой—в густых джунглях.



Рис. 36. Чедрангский сброс. Восточная (правая на рисунке) сторона сброса приподнята. Цифры справа показывают размах сброса в футах. Заштрихованные места обозначают образовавшиеся озерки. Самые большие из них (DD) образовались вследствие изгибов поверхности, изменивших наклон русла, другие (B) образовались там, где русло, пересекая сброс, упирается в поднятый его край, третьи (CC) образованы боковыми притоками, запруженными поднявшейся стороной сброса.

Заслуживает внимания характер повторных ударов, следовавших за первым самыми разрушительными ударами.

В первый день после землетрясения их насчитывали сотнями, в последующие дни земля все время дрожала, и время от времени

повторялись очень сильные удары. Один из них, 13 июня, произвел разрушения даже в г. Калькутте в 3.000 километрах от центра области. Повторные удары исходили из многих центров, рассеянных по области, но первые главные удары произошли во всех местах одновременно.

Геолог Ольдхем, изучавший это землетрясение, пришел к выводу, что под всей этой областью образовалась огромная поверхность раскола, от которой ответвились боковые более мелкие разломы, по направлению к земной поверхности. Землетрясение было обусловлено тем, что по главному расколу двинулась к югу, как одно целое, огромная масса пород. При этом поверхностные слои выгибались кверху и ломались и, вследствие смещений по меньшим расколам, отходившим от главного, образовались местные центры землетрясения. Если бы этот процесс произошел в густо населенной местности, он произвел бы опустошения, размеры которых трудно себе и представить.

Ассамское землетрясение памятно в истории сейсмологии еще тем, что это было первое землетрясение, отмеченное сейсмографами на обсерваториях всех стран, и еще тем, что колебания, распространившиеся во все стороны от эпифокальной области, встретились на противоположном конце земли и, отраженные обратно, еще раз были отмечены в Индии. Следовательно, они обошли вокруг всей земли два раза, как это впоследствии было обнаружено и при некоторых других сильных землетрясениях.

II ЧАСТЬ.

Землетрясения в Японии.

I.

Землетрясения в Японии до 1923 года.

Примеры землетрясений, с которыми мы познакомились в первых главах этой книжки, и краткий обзор ряда упорных научных трудов, имевших задачей уяснить природу этого явления, должны были привести нас к выводу, что землетрясения представляют собою явление чисто геологическое. В них проявляется результат работы тех же сил, тех же динамических причин, которые создали нынешний рельеф земли, и они представляют собою последнее проявление этих причин.

Уяснив себе это, мы можем теперь перейти к ознакомлению с японскими землетрясениями. Но, если мы хотим понять характер японских землетрясений вообще и в частности разрушительного землетрясения, недавно опустошившего обширную и густо населенную область Японии, мы должны познакомиться не только с этим последним землетрясением, но и с некоторыми другими японскими землетрясениями, иллюстрирующими разные стороны этих явлений, и потом послушать, что расскажет нам геология о том, каков геологический характер интересующей нас страны, о том, как созидалась нынешняя японская земля и почему она так богата землетрясениями.

Слабые землетрясения в Японии так часты, что на них так же мало обращают внимания, как у нас на грозу или на сильный ветер. Об них сложились даже поговорки: землетрясение в 9 часов—к болезни, в 4 часа—к дождю, от 6 до 8 часов — к ветру. С 1888 года, когда землетрясения в Японии стали отмечаться специальными сейсмографами, их насчитывают в среднем по 1.447

в год, что составляет по 4 землетрясения в день. Несомненно, что наибольшее число землетрясений и все наиболее сильные относятся к тектоническим. Разрушительные землетрясения, вроде недавней катастрофы 1-го сентября, повторяются в среднем 1 раз в каждые 7½ лет. Естественно поэтому, что Япония занимает одно из первых мест, если не самое первое, в деле научного изучения землетрясений. В то время как в Европе почти до прошлого столетия они считались только бедствием и не было серьезных попыток осветить их с научной стороны, в Японии создалась огромная сейсмическая литература, в которой к 1867 г. насчитывалось 500 сочинений, обнимающих время за 15 столетий, с 416 года до Р. Х. В этих сочинениях описано 223 разрушительных землетрясения и 2.000 землетрясений средней силы.

Японцам приходится приспособляться к неустойчивости их грунта и строить такие дома, которые хорошо выдерживают обычные, не очень сильные землетрясения. Корпус этих домов делается из деревянных брусьев, соответственным образом скрепленных, а внутренние стены—из натянутой на рамы бумаги. Только в недавнее время в больших городах стали строить большие дома из стали и кирпича, на устойчивость которых возлагались большие надежды. Однако недавняя катастрофа в Токио эти надежды не оправдала или не вполне оправдала.

Бедствия, причиняемые сильными землетрясениями, в Японии усугубляются еще тем, что вслед за разрушительными ударами землетрясения на море поднимается огромная волна (тсунамис), несколько раз повторяющаяся; она обрушивается на прибрежную полосу и разрушает то, что еще уцелело от разрушения. Мы уже знакомы с этим явлением по примерам других землетрясений.

Одно из первых мест занимает Япония и по обилию вулканов. Об их распределении в стране нам еще придется говорить в своем месте позже.

Еще в недавнее время землетрясения ставились в тесную причинную связь с вулканами; может быть, поэтому и теперь при сильных землетрясениях подозревается участие вулканических сил. Но, как мы видели раньше и увидим на примерах японских землетрясений, вулканическая деятельность не имеет прямой связи с разрушительными землетрясениями.

Прежде чем говорить о недавнем землетрясении, мы остановимся на некоторых из прежних сильных землетрясений, которые представляют не меньший интерес.

Землетрясение 3 декабря 1854 года является одним из наиболее памятных. Менее чем в ½ часа погибло много тысяч жителей; были разрушены два большие города—Токио и Киото— и много менее значительных. Дома в Токио поднимались вверх на два фута. Нагрянувшая вслед за землетрясением морская волна произвела большие опустошения. Она была хорошо наблюдаема экипажем русского фрегата «Диана», стоявшего на якоре в бухте города Симода (южнее Иокагамы). Командир фрегата обстоятельно

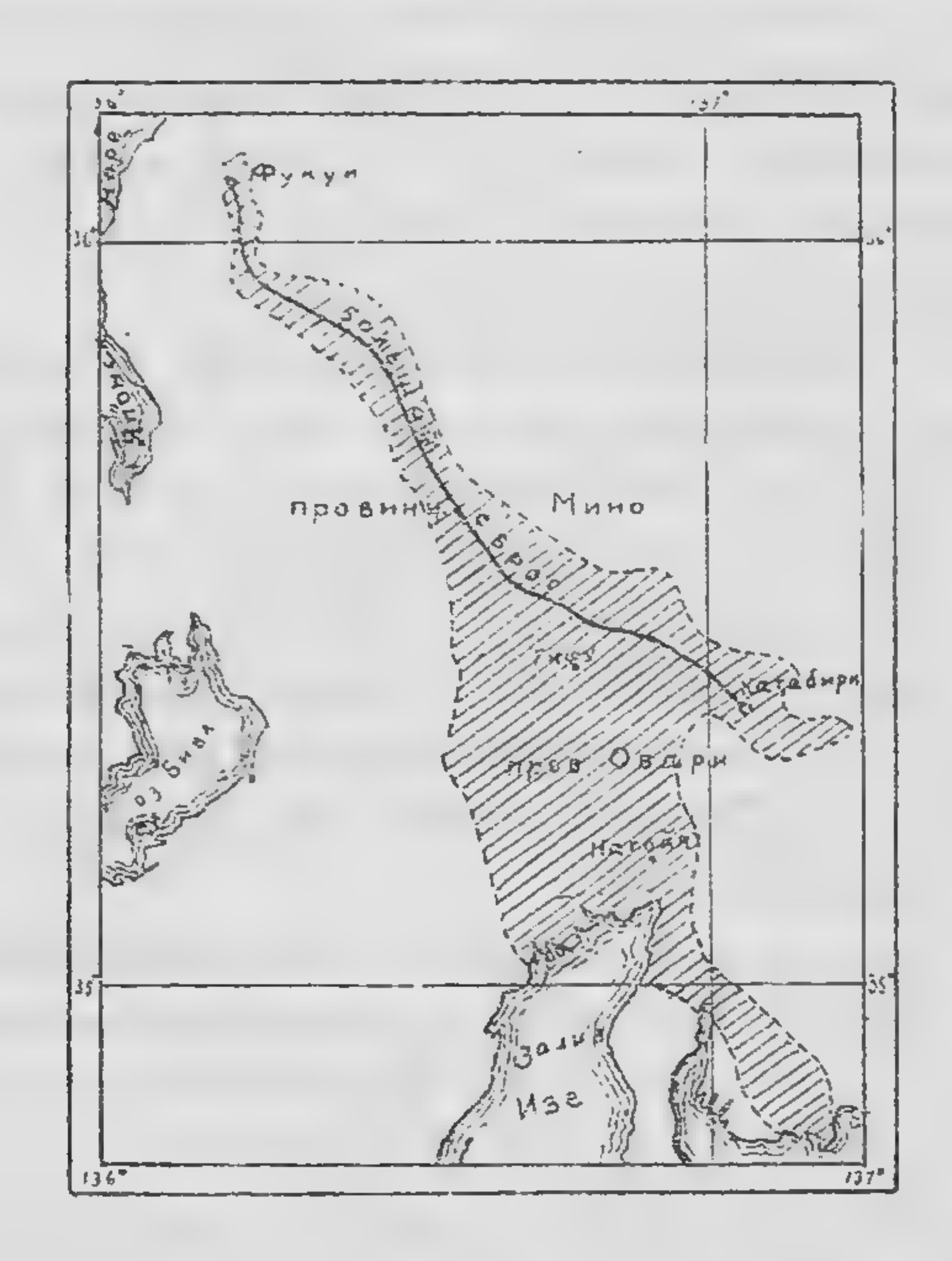


Рис. 37. Область, охваченная землетрясением 1891 г., в провинциях Мино и Овари.

описал это явление. Он заметил в море идущую к берегу большую волну, которая затем проникла в бухту и обрушилась на побережье. Казалось, что она потопила город; все было разрушено, уцелели только стены одного храма. Волны почти той же величины повторились одна за другой много раз. Фрегат раскачало так, что он пять раз ударялся о дно и затем затонул. Много джонок было разбито и выброшено на берег; обломки одной из них были найдены в трех верстах от берега. После этого землетрясения вдоль берега была построена стена для защиты от будущих катастроф такого рода.

Во время землетрясения 1906 года в северной Японии морская волна обрушилась на восточный берег острова и погубила 30 тысяч человек.

Из числа сравнительно недавних землетрясений особенно замечательно землетрясение 28 октября 1891 года, посетившее плодородную, богатую реками и каналами, равнину провинций Мино и Овари, в 160 километрах западнее Токио (рис. 37). Разрушитель-



Рис. 38. Картина разрушений после большого землетрясения Мино-Овари 31 октября 1891 г.

ное землетрясение охватило площадь в 11.000 квадратных километров, а вся потрясенная область равнялась 250.000 кв. километров. Было разрушено 200.000 домов, 63 моста; число человеческих жертв дошло до 17.000.

Область разрушений заняла полосу поперек всего острова Хондо, у 137 меридиана (см. карту рис. 48), от г. Нагойи, на юге, до г. Фукуи, на севере, и отчасти захватила лежащую к северовостоку горную область. На севере эта полоса имела ширину около трех километров и к середине достигла ширины 25 км.

В пределах этой полосы все сооружения: дома, дороги, мосты были разрушены. Селения здесь были очень часты, так что дорога от Нагойи к г. Гифу шла почти сплошь между развалившимися домами (рис. 38, 39). Земля была разорвана множеством трещин. С примыкающих к равнине гор был сброшен грунт с лесом, и выступили оголенные скалы. Местами было обнаружено сокращение площади земли; некоторые долины сделались уже, рельсы оказались изогнутыми зигзагами, у некоторых домов перед их падением сближались стены, как будто они сдавливались с боков.

Но самым замечательным явлением, сопровождавшим это землетрясение, было образование большой трещины, прошедшей по-



Рис. 39. Вид в разрушенном городе после землетрясения 1891 г.

перек острова на протяжении 160 километров от Катабири до Фукуи. Почти по всей ее длине поверхность земли к С.-В. от трещины опустилась, и образовался уступ (сброс), наибольшая высота которого достигла 6 метров (рис. 40). Кроме того произошло горизонтальное передвижение земли, так что дороги и изгороди, пересеченные трещиной, оказались смещенными в месте разрыва на 1 или на 2 метра, а в одном месте (у Мидори) почти на 6 метров.

Интересно отметить, что в продолжение предшествовавших шести лет вдоль этой линии в разных местах ее чувствовались легкие сотрясения, а за 3 дня до землетрясения произошел довольно сильный предварительный удар.

Как видно на карте (рис. 37), главная площадь, охваченная этим землетрясением, продолжается и дальше на Ю.-В. от Нагойи. Хотя в этой части разрушения были менее значительны, чем около Гифу и в долине Нео, но есть основание думать, что в глубине

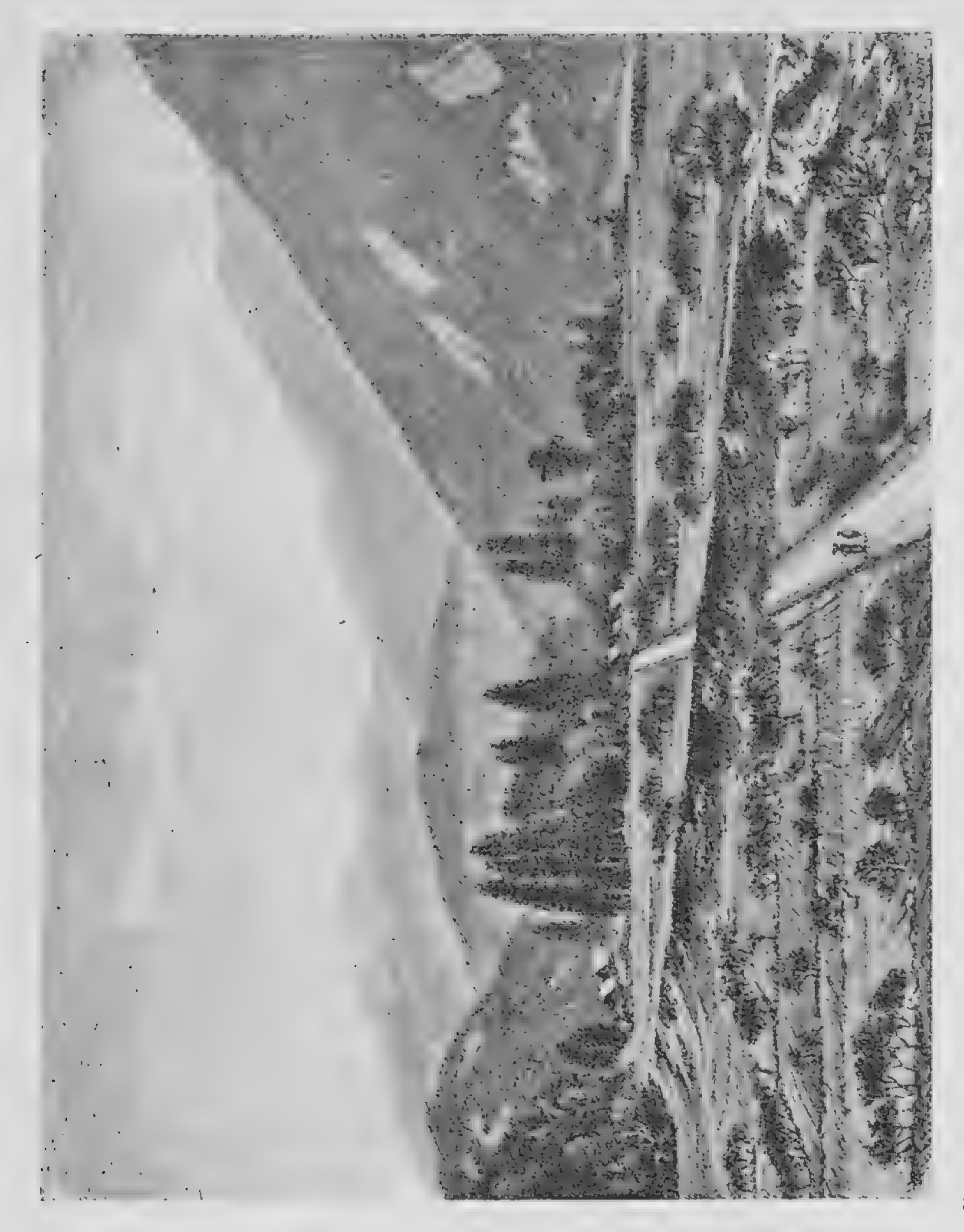


Рис. 40. Сброс, образовавшийся во время землетрясения 1891 г. в Мино-Овари. Передний план понизился сравнительно с задним местами на 6 метров.

земли здесь прошла другая сбросовая трещина, которая не обнаружилась на поверхности земли, но была исходной линией ударов. Это предположение подтверждается тем, что и здесь перед землетрясением ощущались предварительные толчки, как и вдоль большого сброса.

Если считать и эту трещину, то общая длина разрыва грунта будет почти 235 километров, и придется признать, что разрыв захватил почти всю ширину острова и прошел в направлении поперечном к его структурным линиям.

После этого землетрясения в продолжение двух лет и двух месяцев в Гифу, главном городе провинции Мино, было насчитано 3.365 повторных ударов, из них 10 очень сильных, 97 сильных и 1.849 слабых. С течением времени удары становились все слабее и реже, и их исходные точки перемещались вдоль линии разлома.

Японский художник Иошио Маркино описывает в своей автобиографии ряд характерных эпизодов этого землетрясения, которое он пережил в юные годы и о котором сохранил яркое воспоминание. Особенно сильное впечатление произвел на него рассказ

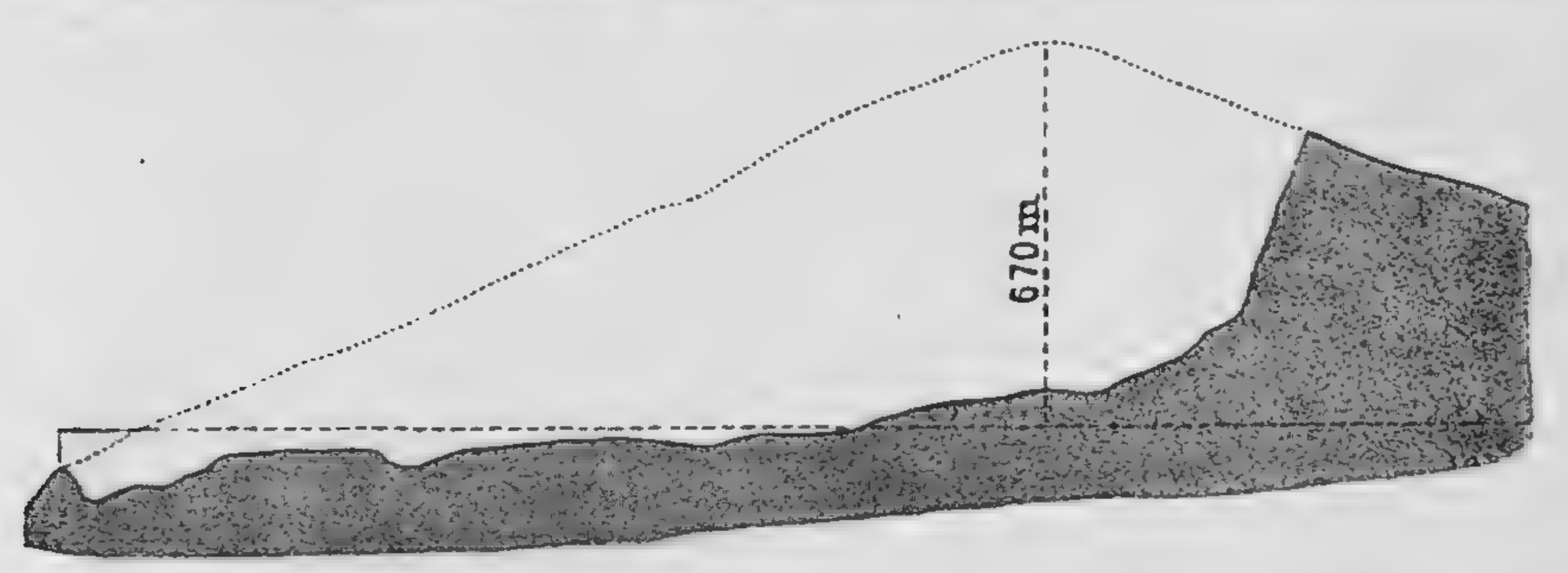


Рис. 41. Разрез горы Бандай-Сан, взорванной в 1888 г. вулканическим взрывом. Пунктирная линия намечает размеры и форму горы до взрыва.

служанки из одного богатого дома. «Когда все поняли, что это — великое землетрясение, ее госпожа выбежала на террасу, держа в руках младенца, которому был месяц. Служанка открыла для них дверь, и мать с ребенком выскочила в сад. К великому ужасу служанки, на том самом месте, куда выбежала ее госпожа, земля вдруг широко раскрылась. Мать и младенец оба были заживо погребены. Хозяин дома вернулся, к своему великому огорчению. Несколько дней спустя, он взял рабочих, чтобы раскопать землю, но им не удалось найти каких-либо следов их трупов».

К западу от области, пострадавшей от землетрясения 1891 г., находится большое озеро Бива (рис. 37). Оно образовалось в 285 или 284 г. до Р. Х. во время сильного землетрясения; эта площадь земли опустилась, и образовавшаяся впадина наполнилась водой. И теперь примыкающая к озеру область часто посещается землетрясениями.

В Японии, стране столь богатой вулканами, были, конечно, и землетрясения вулканические, и недавно было одно землетрясение, по времени совпавшее с сильным извержением вулкана.

Примером вулканического землетрясения может служить землетресение, сопровождавшее извержение вулкана Бандай-Сан (рис. 41). Этот вулкан произвел в 1888 г. замечательное извержение после тысячелетнего покоя. Сильнейший взрыв вулканиче-

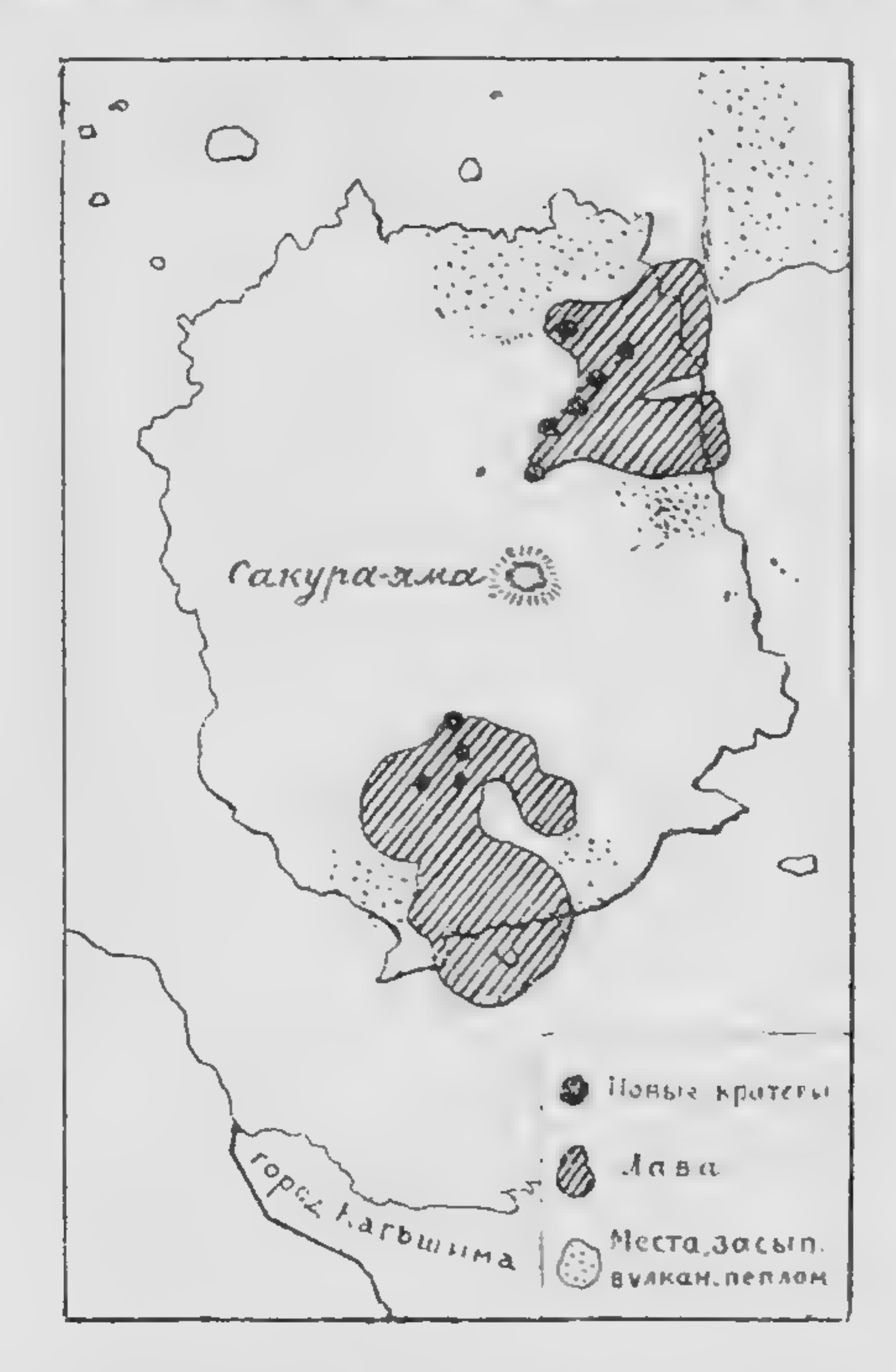


Рис. 42. Набросок плана островного вулкана Сакура-Яма в заливе Кагошима в южной Японии, произведшего в 1914 г. сильное извержение. (По японской открытке того времени.)

ских газов внезапно раздробил целую андезитовую гору в 670 метров высоты. Более 12 миллиардов куб. метров камня было раздроблено в мелкий песок, который покрыл площадь в 24 квадратных километра. Извержение было направлено вкось; вырвавшиеся газы вырывали с корнем деревья, срывали с людей одежды. При этом землетрясение было слабое и охватило область в 50 раз меньшую, чем землетрясение 1891 г. Это было однократное газовое извержение, не сопровождавшееся излиянием лавы и какими-



Рис. 43. Фотография одного из вулканических взрывов, сопровождавших извержение Сакура-Яма.

либо другими проявлениями вулканической деятельности, и оно наглядно показало, что вулканические взрывы, даже чрезвычайной силы, способны произвести лишь слабое землетрясение.

Совсем другую картину представляло извержение вулкана Сакура-Яма в южной Японии, начавшееся 12 января 1914 г. Вулкан образует остров в глубине залива Кагошима.

На его склонах, и на северном, и на южном, открылись 10 новых кратеров, изливавших в море огромные потоки лавы (рис. 42). Один из них залил порт на южном берегу острова. Вся окрестная



Рис. 44. Вид японского дома, раскапываемого из под засыпавшего его вулканического пепла.

местность и большой стоящий на берегу залива город Кагошима были покрыты толстым слоем пепла с камнями (вулканическими бомбами) (рис. 43). Много народа пострадало от этой катастрофы. Многие утонули, спасаясь вплавь с острова, потрясаемого вулканическими взрывами и осыпаемого пеплом и камнями (рис. 43).

Многие дома в окружающей залив местности были засыпаны до самых крыш, и жителям приходилось откапывать их из-под пепла (рис. 44).

Происшедшее в это время землетрясение достигло большой силы и охватило значительную площадь. Даже сейсмографы европейских станций отметили относящийся к этому времени удар.

Казалось, это было вулканическое землетрясение исключительной силы, но исследования Омори показали, что это было тектоническое землетрясение, начавшееся спустя несколько часов после извержения и совпавшее с ним по времени.

II.

Землетрясение 1923 г.

Недавнее землетрясение 1 сентября произвело большие опустошения в наиболее населенной части Японии, разрушило столичный город Токио, большой приморский город Иокогаму и произвело глубокое впечатление во всех культурных странах. Точные сведения о характере и распространении этого землетрясения и о причиненных им бедствиях мы будем иметь только после того, как будет произведено научное исследование. Пока приходится ограничиваться телеграфными и газетными известиями, отрывочными, нередко противоречивыми, иногда просто фантастичными.

Естественно, что прежде всего сообщалось о разрушении Токио и Иокогамы, но представить себе размеры и общий характер катастрофы было очень трудно. Сообщалось, что Иокогама совершенно разрушена и залита морем. Сообщалось о начавшемся извержении величайшего японского вулкана Фузи-Ямы и об образовании 15 кратеров вокруг Токио, об образовании против Токио и Иокогамы нового большого острова в 30 кил. длины и 15 ширины. Повидимому, все сообщения о вулканах и кратерах представляют плод воображения.

В близких окрестностях Токио совсем нет вулканов, и если бы они действительно вновь возникли в связи с землетрясением, мы имели бы о них больше сведений, а не одно только краткое сообщение. Остров указанных размеров и не поместился бы в бухте у Токио и Иокогамы. Позже и известие о потоплении Иокогамы оказалось неверным. Морские волны производили свою разрушительную работу (рис. 45 и 46) на побережьи, но не достигли очень больших размеров и разрушительной силы, особенно в Токийской бухте, где из трех кабелей подводного телеграфа только один оказался поврежденным. Повидимому, в более южной части побережья морские волны достигали бо́льших размеров, об этом можно за-

ключить из сообщений о том, что несколько селений в этой части побережья были смыты, и о том, что в 12 км к югу от Иокогамы была разрушена морская база Японии Иокосука и пострадало много судов.

Не имея возможности теперь же, до получения результатов научного исследования, нарисовать правдивую картину события, мы можем пока отметить лишь несколько фактов, сообщения о ко-



Рис. 45. Набережная Иокогамы после землетрясения 1-го сентября 1923 г. Справа мостик причаленного к молу парохода, на моле части погрузившихся автомобилей и опрокинутая повозка джинрикши, налево буксирный пароход, привезший помощь пострадавшим. (Картинка из журнала „Illustration“.)

торых не возбуждают сомнений. Несомненно, самым крупным бедствием было разрушение огромного города Токио, в котором все дома были повреждены и около $^2/_3$ домов совершенно разрушено. Из числа больших зданий оказались разрушенными университет, императорский музей, министерство народного просвещения. Наиболее сильно пострадали большие дома из стали и кирпича, на устойчивость которых возлагались большие надежды. Как это обычно бывает, возникший вслед за землетрясением пожар причинил едва ли не бо́льшие бедствия, чем самое землетрясение.

Далее к югу разрушения достигли еще бо́льших размеров. В г. Иокогаме все дома были разрушены, порт Иокосука, повидимому, тоже был совершенно разрушен. Г. Камакура, лежащий вне Токийской бухты на берегу залива Сагами, сильно пострадал от морской волны (рис. 46). Еще далее к югу, на полуострове Изу разрушения достигли, повидимому, максимальных размеров. Ряд городов был совершенно разрушен (рис. 47). Писали даже о том, что полуостров опустился под море, но это сообщение, повиди-

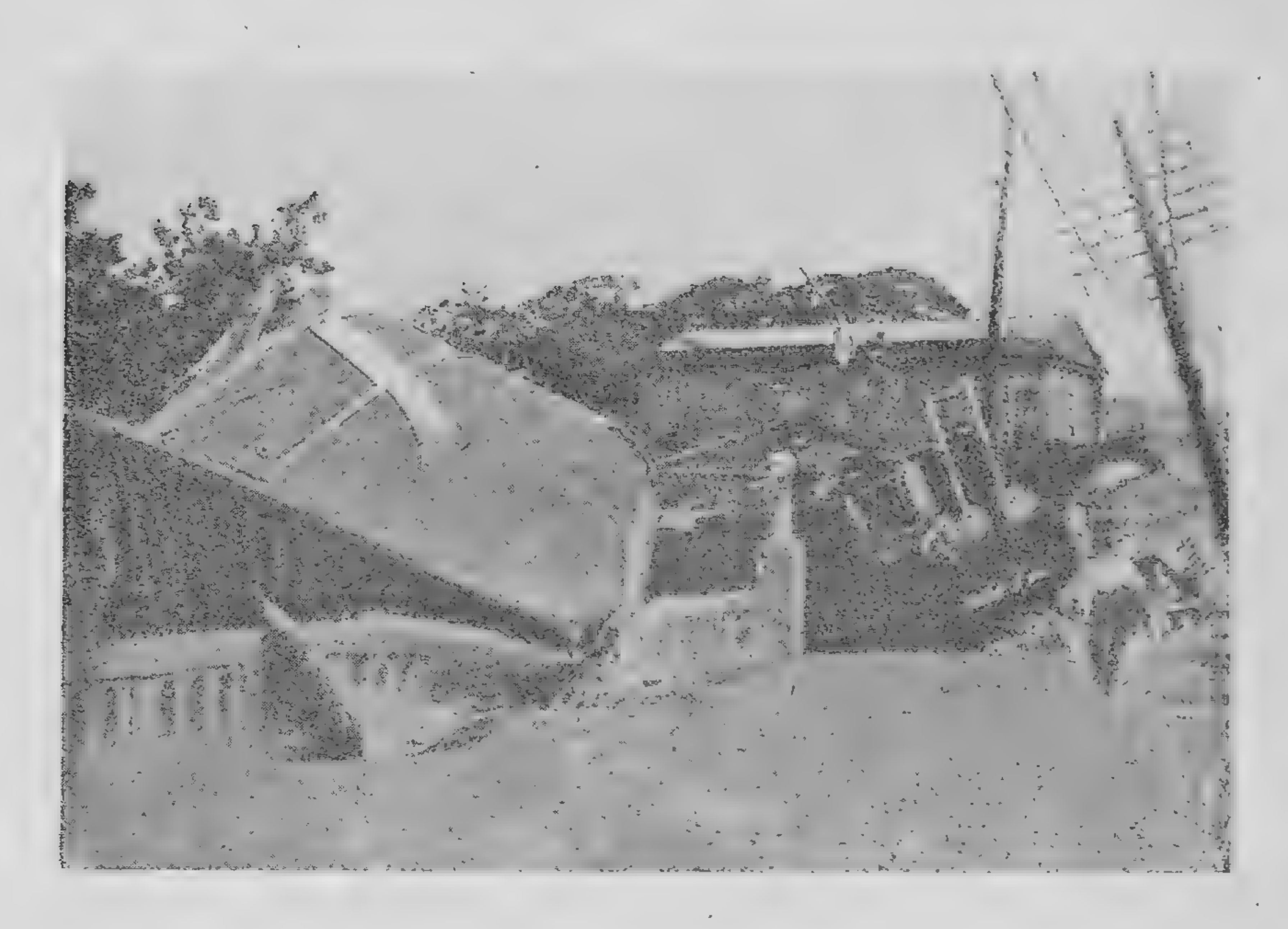


Рис. 46. Действие морской волны у г. Камакура (на берегу залива Сагами, южнее Токийской бухты). Слева кузов выброшенного парохода, разбившего балюстраду, за ним другой, совершенно разломанный пароход, направо на заднем плане опрокинутый дом.

мому, не подтверждается. Вероятно, эпифокальная область землетрясения была на дне моря около этого полуострова и распространялась отсюда на север полосой по направлению к проливу Урага, ведущему в Токийскую бухту. Нет сомнения, что и это землетрясение сопровождалось образованием многочисленных трещин в земле, разрушением мостов, изгибанием железнодорожных рельс и другими обычными при сильных землетрясениях явлениями.

Число жертв землетрясения и общую площадь, им охваченную, пока нет возможности определить. Несомненно, это было мировое

землетрясение, которое было отмечено на сейсмических станциях всех стран.

Вслед за главными разрушительными ударами последовало много повторных, из них один, последовавший в 2 ч. 25 м. после полудня 1 сентября, ощущался в г. Осаке на расстоянии 400 кл от Токио (сопряженное землетрясение).

Между полднем 1 сент. и 6-ю ч. пополудни 6 сент., центральная обсерватория в Токио отметила 1.039 ударов, число которых с каждым днем уменьшалось, в чем и обнаружилось постепенное затихание движений.



Рис. 47. Разрушенный город Ито на полуострове Изу.

Профессор Омори, изучавший землетрясения в Токио и в ближайших к Токийской бухте районах Японии, предсказал это землетрясение в Токийской бухте, хотя и не вполне точно. Он изучал землетрясения, посещавшие эту область Японии в продолжении 8 лет, с 1914 по 1921 г., и определял расположение исходных пунктов ударов. За это время в районах, примыкающих к Токийской бухте, было 199 землетрясений, и, за немногими исключениями, эпицентры располагались в 4-х сейсмических зонах, расположенных на расстоянии от 50 до 80 километров от Токио. Один район у горы Цукуба в 50 км севернее Токио, другой—на восточ-

ном берегу острова, третий — на полуострове Ава-Кацуза, ограничивающем Токийскую бухту с востока, и 4-й—в северной части полуострова Сагами-Изу у озера Хаконе. За все это время ближайшие окрестности Токио было спокойны в сейсмическом отношении. Хотя землетрясения названных окружающих районов ощущались в городе, но они были безвредны. Последнее землетрясение перед сентябрьской катастрофой этого года было 26 апреля 1922 г. Омори сделал из этого такое заключение: «Со временем названные сейсмические области сделаются спокойными и в возмещение этого в равнине Мусаши (примыкающей к Токио) и в Токийской бухте возобновится сейсмическая деятельность, и в результате может быть сильное землетрясение, вероятно, спустя ровно год после отмеченного минимума сейсмической повторяемости». Далее он замечает: «Естественно, что область, подобная полуострову Ава-Кацуза, где часто происходили слабые землетрясения, не даст начало разрушительному землетрясению, а соседняя область—пролив Урага, принадлежащий к той же сейсмической зоне, но проявлявший за это время лишь слабую сейсмичность, может сделаться источником сильного удара». Сентябрьское землетрясение разразилось через год и 4 месяца после указанного минимума.

III.

Геологическое строение Японии в связи с ее сейсмичностью.

Попытаемся теперь выяснить себе, чем обусловливается эта необычайная неустойчивость японской земли.

В состав Японии входит ряд островов, которые все вместе образуют красивую дугу, изогнутую по направлению к Великому океану (рис. 48). Если не считать южной части Сахалина, отошедшей к Японии после войны с Россией, этот ряд начинается островом Иессо на севере, далее следует самый большой и наиболее населенный остров Хондо или Ниппон[1]) и, наконец, расположенные близко к его южному концу острова Шикоку и Киу-Шиу. Мелких островов мы здесь не называем.

---

[1]) Японцы называют большой остров Хондо или Хоншиу, а названием Ниппон они обозначают всю Японию. В последнее время они часто называют свою страну Дай-Ниппон—Великая Япония.

Еще недавно геологи представляли себе красивую дугу Японских островов, как выступающую над морем складчатую цепь альпийского типа, созданную боковым напором с северо-запада на том месте, где в предшествующую эру геологической истории



Рис. 48. Схематическая карта геологического строения Японии. Заштрихованная в клетку полоса посередине острова Хондо—Большой ров. Заштрихованные в клетку пятна вдоль побережий Японского моря—циркообразные опускания, сопровождаемые вулканами. См. также объяснения к карте рис. 49.

была глубокая, заполнявшаяся осадками, морская впадина (геосинклиналь).

Более новые исследования показали, что это не совсем так. Северная часть большого острова Хондо (Ниппона) не является

продолжением южной и по геологическому характеру резко от нее отличается (рис. 48). Эти две части разделены идущею поперек всего острова полосою, осевшею вниз по линиям раскола. Она получила название Большого рва (Fossa Magna). На ней расположен ряд больших вулканов, начинающийся величественной Фузи-Ямой, поднимающейся на 3.728 м. над уровнем моря. В том же ряду находятся большие вулканы Ятцуга-Таке и Асама-Яма. Вулканов много и в других местах Японии, но пока, говоря о ее геологическом строении, мы не будем на них останавливаться.

К западу от Большого рва расположена южная Япония, в состав которой входит западная часть большого острова Ниппона и острова Шикоку и Киу-Шиу, окружающие внутреннее море Японии. Два входа в это море сначала широкие, потом суживаются, так что остаются лишь узкие проливы. Здесь проходит замечательная тектоническая линия, разделяющая южную Японию на две части, на два самостоятельные горные кряжа: внутренний, обращенный к Японскому морю, и внешний, обращенный к Великому океану. Оба они образовались в очень отдаленные геологические времена и с тех пор сильно разрушены временем.

Внутренний кряж называется Шигоку и представляет отломок большой горной цепи экваториального направления, сложенной из смятых в сложные складки архейских гнейсов и палеозойных слоев, прорезанных большими массами гранита. Этот кряж некогда целиком сдвинулся на юг, вследствие чего восточный конец изогнулся к северу, как будто он упирался в какую-то твердую преграду, бывшую на месте Большого рва, и оттягивался вдоль ее края. Внешняя (южная) сторона кряжа при этом растягивалась, раскалывалась, частью оседала вниз, отчего и образовалось внутреннее море. По расколам выступали из глубоких недр граниты. Эти движения и расколы происходили в конце каменноугольного и в после-каменноугольное время, к которому и относится окончательное образование этих гор. Эти события совершались в такое отдаленное время, когда на земле не только не было человека и окружающих его животных, но не появлялись еще и удивительные пресмыкающиеся средней эры геологической истории, когда на земле не было еще ни одного цветка, ни одной птицы и бабочки, когда оригинальные и молчаливые подтопляемые водою леса сигиллярий, каламитов и папоротникообразных деревьев покрывали низменные пространства континентов, имевших совершенно другие очертания.

Внешний горный кряж Кума-Кии построен из смятых в складки палеозойных и, может быть, верхних архейских пород с редкими гранитными вторжениями. Этот кряж представляет отломок горной цепи, подошедший к внутреннему кряжу с юго-запада, но, под влиянием давления двигавшегося на юг внутреннего кряжа, он изогнулся в дугу, вогнутую к океану и припаялся к внутреннему кряжу, вдоль резко выраженной полосы сильно сжатых слоев, которая и образует упомянутые сужения проливов, ведущих во внутреннее море. Восточный край этого кряжа отломался, принял почти меридиональное направление и обособился в небольшую самостоятельную горную область Акаиши, образующую западный край Большого рва. Геологи пришли к выводу, что внутренний экваториальный кряж представляет продолжение в Японию китайской, тоже очень древней, горной цепи Тсинлингшан, а внешний кряж представляет восточное продолжение южно-китайской горной страны, горные цепи которой подходят с юго-запада к Тсинлингшану под тем же углом, как и в Японии (синийское направление).

Совершенно другую картину представляет северная часть Ниппона с прилегающим островом Иессо. Здесь мы видим три почти параллельные между собою древние кряжа или обломка складчатых горных цепей со складками, направленными на Ю. Ю. В.; из них восточный—Хидака проходит по середине острова Иессо, следующий—Китаками занимает северо-восточный край острова Хондо (Ниппона) и продолжается на западную часть острова Иессо. Оба эти кряжа сложены, главным образом, из палеозойных пород, прорезанных гранитами. Третий кряж Абукума, сложенный из более древних архейских пород, расположен южнее и восточнее двух первых. Своим южным концом он подходит к обширной аллювиальной Токийской равнине (Мусаши), скрывающей его продолжение. К западу от этой равнины выступает горная страна Кванто с горными складками непостоянного направления, среди которых есть северо-западные. Некоторые считают ее за изогнувшееся к С.-З. продолжение кряжа Абукумы, но так как породы ее слагающие относятся к другой эпохе (не архейские, а палеозойные), может быть, правильнее считать ее за самостоятельную горную область. Эта горная область образует восточный край Великого рва. Вокруг этих горных областей и частью покрывая их, расположены более новые мезозойные и особенно третичные отложения, местами согнутые в складки значительно

менее сложные, что указывает на небольшие смещения древних горных кряжей в сравнительно недавние геологические времена [1]).

Третичные отложения занимают значительные пространства на запад от названных горных кряжей. Среди них очень распространены континентальные отложения с растениями. Присутствие среди мезозойных и третичных отложений и морских и континентальных указывает на совершавшиеся в продолжение этого времени опускания страны под уровень моря и поднятия или на колебания морского уровня. Еще бо̀льшую площадь вне названных древних горных кряжей занимают лавы и вулканические туфы, продукты деятельности японских вулканов.

Теперь мы обратим внимание на вулканы действующие и потухшие, которыми очень богата Япония. Они расположены несколькими рядами, намечающими собою линии расколов земной коры, давших и дающих выход на поверхность вулканическим продуктам. Эти расколы прорезывают страну по дугообразным линиям, совершенно не считающимся с направлением древних кряжей и с направлением их складчатости. Их образование относится к значительно более поздним временем, частью мезозойным, а, главным образом, к третичным. Японские вулканы распределяются по четырем линиям, которые мы отметим, начиная с севера (рис. 49 и 50).

К острову Иессо подходит с востока дугообразно изогнутый вулканический ряд Курильских островов и глубоко врезывается в этот остров и в горный кряж Хидака. Эта линия ясно отмечена рядом вулканов. Другая линия вулканов—Бандайская—начинается у северного конца Иессо островным вулканом Ришири и проходит по середине северной половины Ниппона. Она продолжается и по другую сторону великого рва и доходит до Японского моря у залива Ваказа. Около Великого рва от нее отходит отвершек в меридиональном направлении. На этой линии находится вулкан Бандай-Сан, произведший замечательное газовое извержение в 1888 г. Третий ряд вулканов проходит поперек острова Ниппона, вдоль Великого рва, здесь находятся Фузи-Яма, Асама-Яма и другие большие вулканы, к югу его продолжение составляют островные вулканы Шихито и еще далее на юг—острова Бонин и Марианские.

---

[1]) Подобные складки более нового происхождения, расположенные между горными кряжами, представляющими остатки древних горных цепей, известны в средней Европе; их называют саксонскими складками и резко отличают от настоящих чрезвычайно мощных и сложных горных складок альпийского типа.

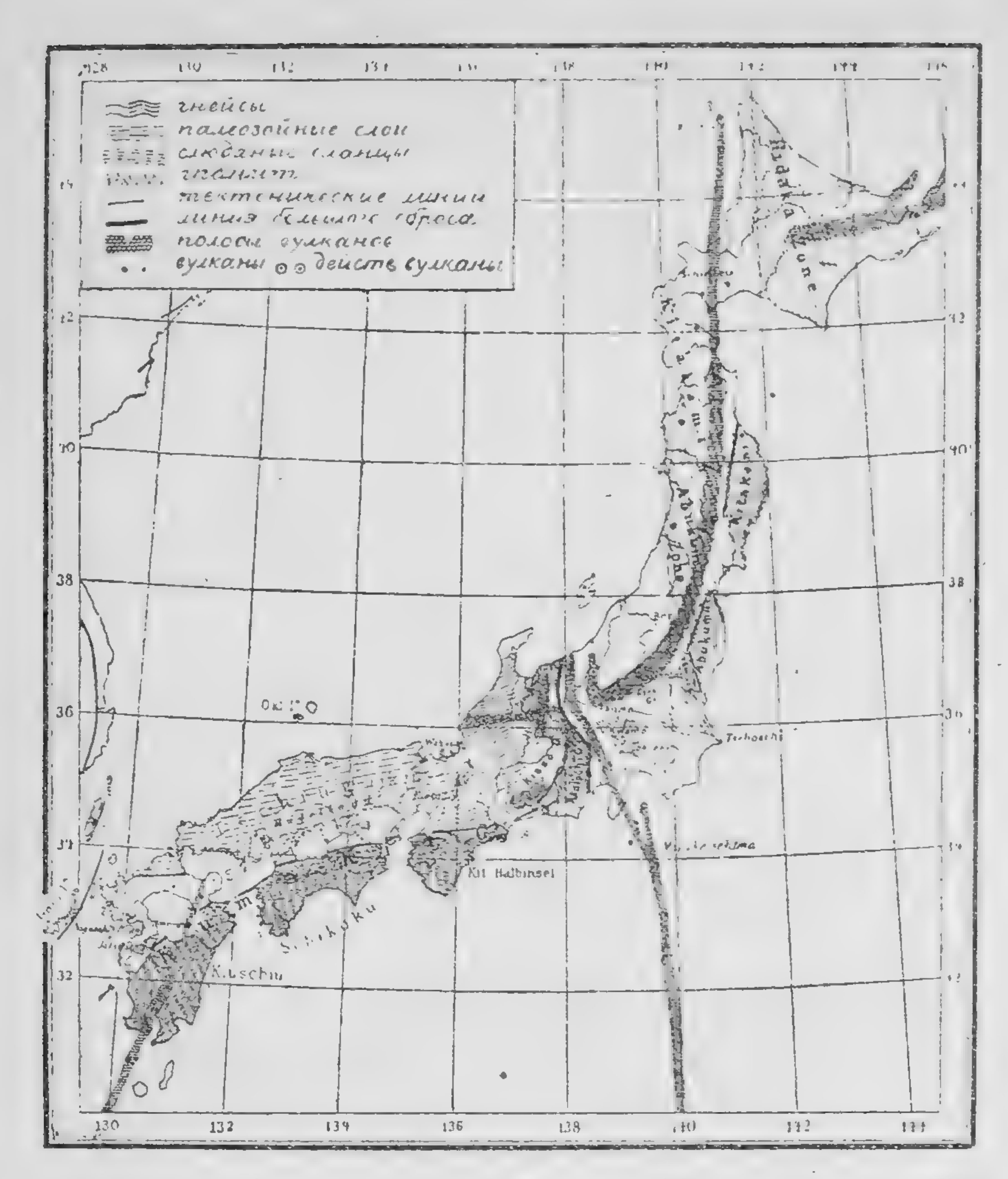


Рис. 49. Тектоническая карта несколько более подробная, чем карта рис. 48, с показанием прорезающих Японию дугообразных разломов, вдоль которых расположены действующие и потухшие вулканы.

Четвертый вулканический ряд продолжает собою островную вулканическую дугу Риу-Киу.

Вулканические линии Японии образуют характерно изогнутые дуги, обращенные выпуклостью к Великому океану. Такие же дуги образуют горные кряжи восточной Азии (рис. 50),—Сихота-Алин, горы восточной Манчжурии и далее на запад—Большой Хинган,

образующий восточную окраину Монголии [1]). Слои, образующие эти хребты, были смяты в складки в отдаленнейшие докембрийские времена. Эти древние складчатые горы были потом разрушены, и уже древние палеозойные породы покрывают их уцелевшие фундаменты пластами, не смятыми в складки. Эти хребты круто опускаются к востоку и полого к лежащим от них к западу пустынным областям Азии. Исследования Рихтгофена показали, что они пред-

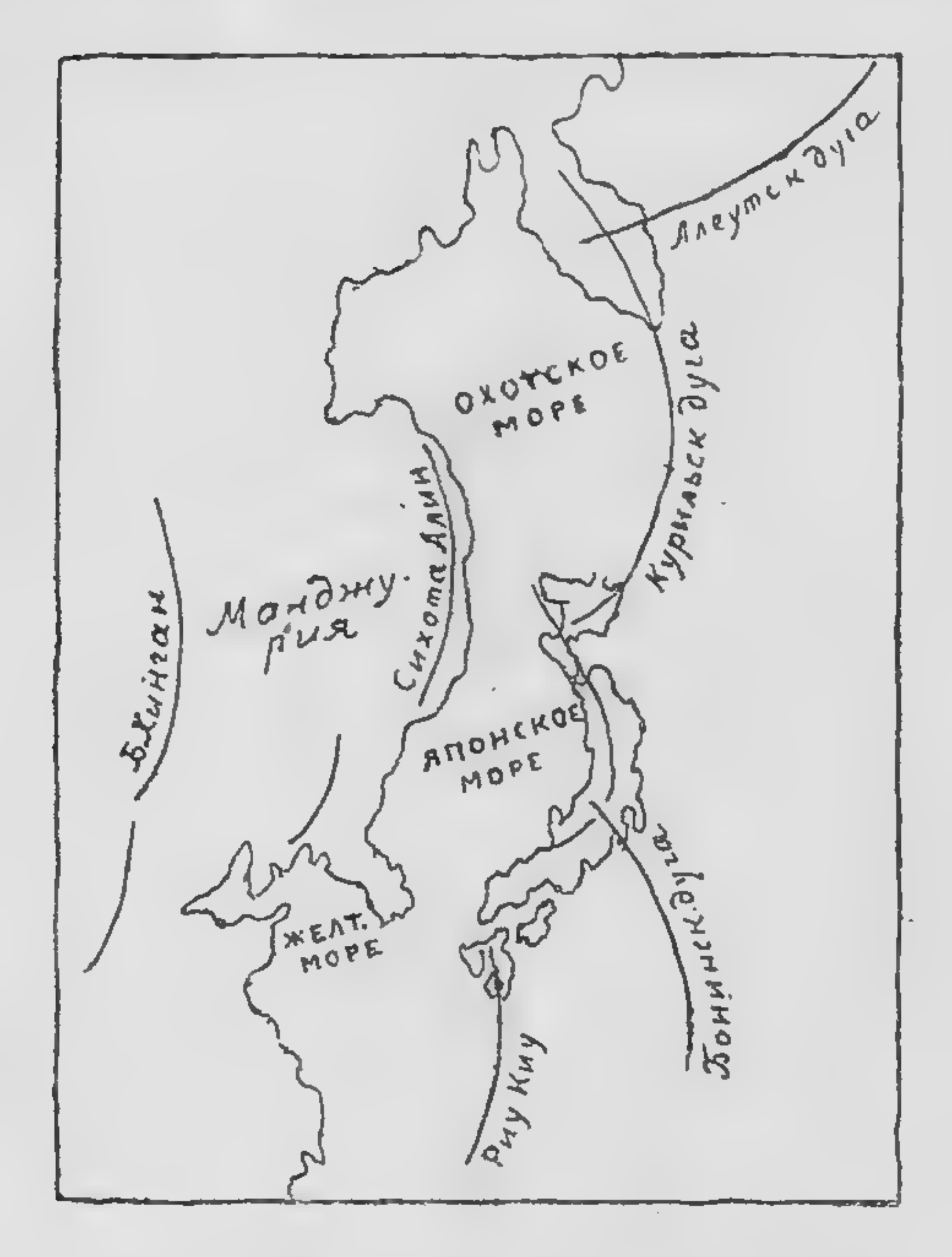


Рис. 50. Схематическая карточка дугообразных разломов земной коры в восточной Азии и в области примыкающих к ней островных гирлянд.

Рис. 51. Форма и расположение расколов, образующихся в выветривающейся асфальтовой плите.

ставляют собою ряд гигантских ступеней (рис. 52), опустившихся одна за другою по линиям расколов, идущих вдоль их крутых восточных склонов. Рихтгофен (рис. 54) называет их континенталь-

[1]) Рядом с схематической карточкой, изображающей дугообразные расколы Японии и восточной Азии, помещен набросок с фотографии, приводимой в книге Э. Зюсса—„Лик Земли". Эта фотография показывает форму и расположение расколов, образующихся в асфальтовой уличной плите при ее выветривании (рис. 51). При рассматривании этих миниатюрных расколов невольно напрашивается сопоставление их с теми колоссальными разломами земной коры, о которых идет здесь речь.

ными ступенями. Западная из этих ступеней—монгольская—заканчивается хребтом Большой Хинган, представляющим ее приподнятый восточный край, следующая ступень—Манчжурская—имеет своим приподнятым краем горы Сихота-Алин. Еще восточнее лежит ступень, западный пониженный край который покрыт Японским морем, а Японские острова представляют ее приподнятый восточный край, круто опускающийся в глубокие океанические пучины. Такое ступенчатое расположение огромных континентальных глыб, слагающих восточную часть Азиатского континента, обусловливается, по мнению Рихтгофена, растяжением ее в восточном направлении, вызванным опусканием огромных отломков суши к глубокой впадине Великого океана, где не было больших препятствий к продвижению этих отломков на восток. Таким образом хребты восточной Азии не являются складчатыми напорными горами аль-

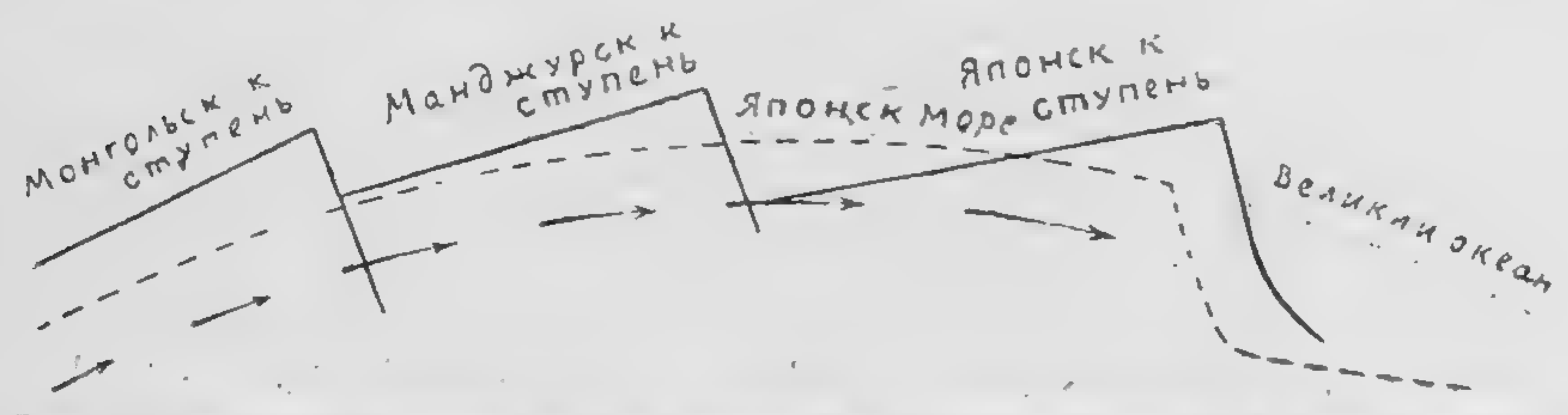


Рис. 52. Разрез континентальных ступеней восточной Азии (по Ф. Рихтгофену).

пийского типа, возникшими под влиянием давления с запада, а горами или огромными глыбами, возникшими вследствие растяжения земной коры.

В континентальных ступенях восточной Азии можно видеть пример геологического явления — ступенчатого сброса, которое в несравненно менее колоссальном масштабе представляет явление довольно распространенное в земной коре. Примером ступенчатого сброса обычного сравнительно малого масштаба может служить изображенный на рис. 53 ступенчатый сброс в Орегоне в Северной Америке. На поверхности нижней сбросовой ступени у подножия верхней ступени расположилось сбросовое озеро. По аналогии с ним, Японское море может быть названо сбросовым морем.

Раньше мы уже видели, в какой тесной связи стоят сильные землетрясения к складчатым горам, сравнительно недавнего происхождения, в которых движения каменных масс, вызываемые боковым или тангенциальным давлением, еще не вполне закончились. Эта связь была особенно ясно обнаружена исследованиями Мон-

тессю де-Баллора, показавшими, что сейсмические области земли географически тесно связаны с горными цепями третичного времени и далее с геосинклиналями, т.-е. с теми впадинами земной коры, в которых в предшествующее мезозойное время накоплялись осадки, послужившие материалом для построения горных цепей.

Теперь мы видим нечто иное: сильные землетрясения связаны с областями, где обнаруживается не боковой напор, вызывающий смятие земной коры в складки и сокращение ее площади, а, напротив, с такими областями, где земная кора испытывает растяжение и раскалывается на плиты, опускающиеся ступенями, что не сокращает, а увеличивает поверхность земли. В том и в другом

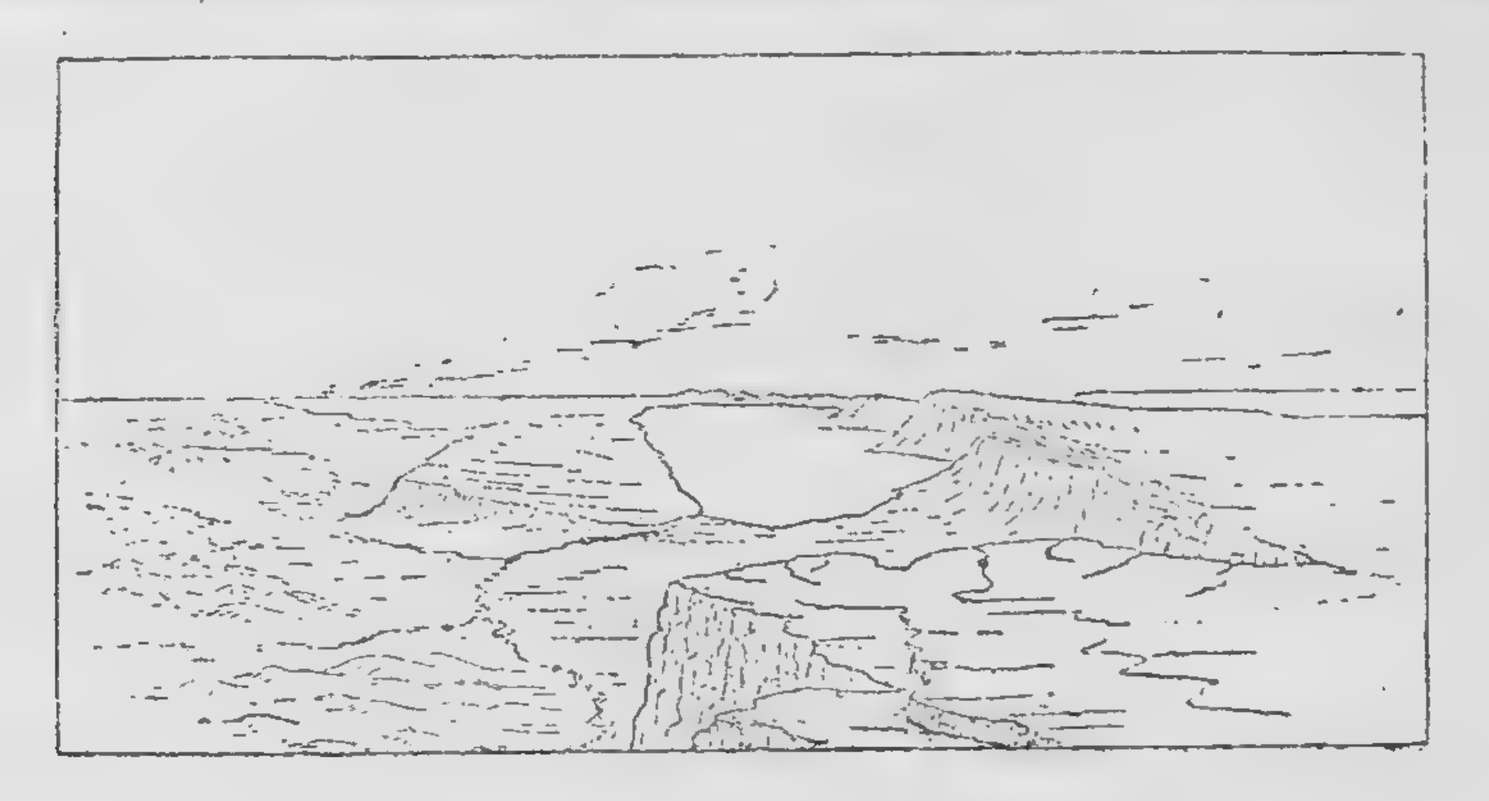


Рис. 53. Озеро Альберт в Орегоне в Северной Америке, расположенное у подножия сбросовой ступени.

случае происходят движения смещающихся масс, сопровождаемые землетрясениями, но характер этих движений и результаты, которые ими достигаются, неодинаковы.

Не имея возможности входить здесь в детали этого сложного процесса, мы можем только наметить основную причину этих различий.

IV.

Заметка о механизме образования складчатых гор и гор растяжения. Заключительные замечания.

Геологи выяснили, что земная кора, образующая континенты, и подокеанская земная кора имеют различную толщину и различную степень прочности и устойчивости. Континенты и особенно самые

древние их части — кристаллические массивы, представляют устойчивые щиты на земной поверхности, подокеанская кора земли далеко менее устойчива (рис. 54). При вековом ходе охлаждения и сокращения земного шара те и другие площади должны умещаться на шаре меньших размеров, отсюда и возникают боковые напряжения в его коре, стремящиеся сблизить слагающие ее частицы и массы (см. внутреннюю часть рис. 54,—схематический разрез земного шара, размеры которого уменьшились).

Естественно, что части коры двух сейчас названных типов будут реагировать на эту причину неодинаково. Менее устойчивые части коры будут сгибаться и мяться в складки, некоторые из них, прижимаясь к краям континентов, будут образовывать краевые горные цепи, их сопровождающие. Континентальные щиты будут противостоять внутреннему боковому давлению и, следовательно, будут сохранять ту кривизну, которую они получили, когда образовались и отвердели на поверхности большого шара, раньше, чем он сократился до нынешних, или сравнительно недавних своих размеров.

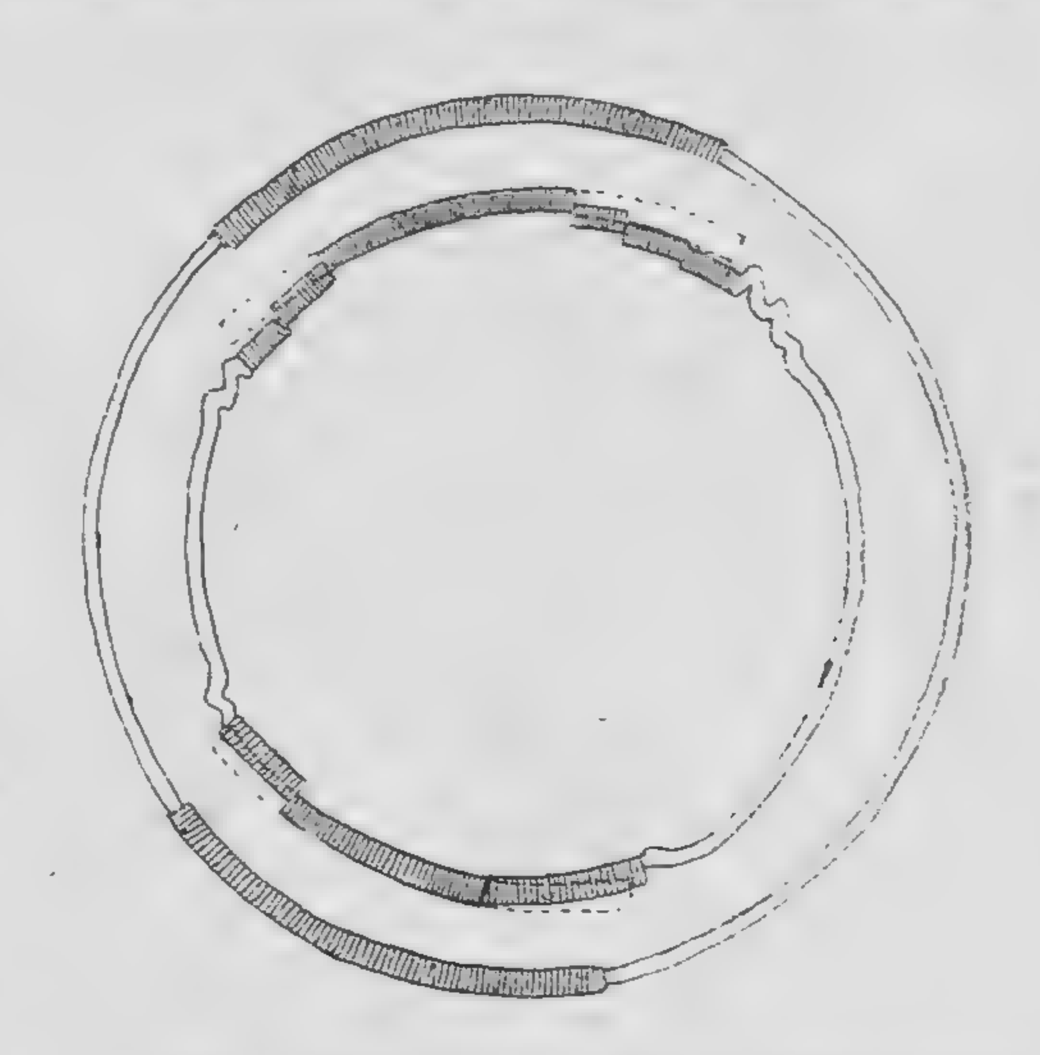


Рис. 54. Схематические разрезы земной коры в двух разных стадиях сокращения земного шара.

Шаровая, или, вернее, эллипсоидальная форма земли есть результат равновесия ее масс при данных условиях ее существования, и пока эти массы сохраняют в какой-либо степени способность к движениям, эти движения будут направлены к сохранению правильной формы земли. Если поверхностная оболочка шара состоит из участков разной кривизны, это, конечно, искажает правильную форму земли, и равновесие ее масс оказывается нарушенным (см. рис. 54—внутренний разрез, средние части заштрихованных континентальных щитов и их продолжения, намеченные пунктиром) и именно в краевых частях негибких континентальных щитов. Внутренние массы земли стремятся в этих местах как бы

уйти из-под них и тем восстановить правильную шаровую форму земли меньшего радиуса. Континентальные плиты должны следовать за этим движением, но так как их прочность не позволяет им изогнуться, соответственно устанавливающейся большей кривизне земной поверхности, они отламываются огромными глыбами, которые смещаются по поверхностям разломов ступенями, пока не будет достигнута общая кривизна поверхности, соответствующая той величине земного шара, до которой он к настоящему времени сократился[1]). Восточная Азия и Япония представляют хорошие иллюстрации этого процесса, который до сих пор мало обращал на себя внимание.

Таким образом оба эти типа смещений частей земной коры — складчатый и сбросовый—представляют два способа проявления одного и того же процесса опускания земной коры, приспособления ее к меньшей шаровой поверхности. В силу различной податливости земной коры, в одних местах это достигается сгибанием ее в складки, в других местах — разломами ее и распределением отдельных глыб по шаровой поверхности меньшего радиуса.

Конечно, этот сложный и величественный процесс перестройки земной коры охватывает времена колоссальной длительности и, при громадности и разнородности захватываемых в движение масс, не идет равномерным темпом. Напряжения в земной коре, прежде чем разрешиться могучими движениями ее частей, накопляются, суммируются, пока прочность пород в той или другой области земли не будет преодолена и не произойдут движения масс, которые в данной области земли дадут исход накопившимся напряжениям.

Изучение геологического строения восточной Азии и Японии показало, что горные хребты могут возникать как в результате сжатия, так и в результате растяжения земной коры. Недостаточное знакомство с внутренним строением гор этой области было

---

[1]) Объяснение способа образования складчатых или напорных горных цепей, под влиянием бокового давления со стороны сближающихся между собою континентальных площадей, было высказано уже очень давно, около середины прошлого столетия, и с тех пор разрабатывается и видоизменяется в деталях. То объяснение происхождения континентальных ступеней, которое здесь приводится, высказывается впервые автором этой книжки и, следовательно, пока не может считаться общепринятой научной теорией. Конечно, это только крайне упрощенная схема, имеющая в виду выяснить самые основные черты процесса, не останавливаясь на бесчисленных деталях и осложнениях, с которыми он протекает в природе.

причиной того, что сейсмические области земли были приурочены почти исключительно к сравнительно недавно поднявшимся горам складчатого происхождения, возникшим на месте геосинклиналей предшествовавшей геологической эры. Предпринятое в последние годы изучение статистики землетрясений, в связи с геологическим строением сейсмических областей, показало, что на высокие складчатые горы третичного времени приходится всего 3½% из общего числа землетрясений. Наименьшее число их—½%—падает на древние палеозойные горные кряжи, как Урал, Капские горы, Австралийские Альпы, Аппалачи и Скалистые горы, и 1½%—на древние континентальные щиты, как Финляндия, Скандинавия, Восточная Сибирь, Канада, Бразилия. Напротив того, местности, в которых тектоническое смещение слоев сопровождалось образованием расколов, оказались несравненно более сейсмичными — 22 — 24% (Исландия, скандинавский фиордовый берег, горные массивы западной и средней Европы, Балканские страны, Армения, Малая Азия, внутренняя Азия, Мексика). Сюда же относятся третичные складчатые горы, которые в недавнее время в сильной степени подверглись разломам и смещениям (Атлас, Апеннины, Кавказ и др.). Еще большее число землетрясений—40%—падает на побережья Великого океана, сопровождаемые глубокими, но узкими океаническими впадинами или подводными рвами, пример которых представляет Тускарора, расположенная вдоль северной части Японии. Очаги многих сильнейших землетрясений оказались лежащими в пределах этих морских пучин в подокеанской коре земли.

Эти данные показывают, что складчатость не играет преобладающей роли в разрешении возникающих в земной коре напряжений, более существенное значение имеют разломы и сбросы (или так называемые диз'юнктивные дислокации). Сейсмические явления приурочиваются, в сущности, не к поясам складчатости земной коры, а к идущим параллельно с ними полосам недавних изломов. Высокая сейсмичность подокеанских ровообразных впадин указывает, что и они имеют сбросовое, а не складчатое происхождение. В сейсмологических работах последнего времени такой взгляд на природу землетрясений получает преобладающее значение; к нему склоняется и сам творец сейсмической географии, Монтессю де-Баллор.

Посмотрим теперь, к какому времени относится образование этих сбросовых гор или континентальных ступеней. Складки в этих горных хребтах восточной Азии образовались в отдаленнейшие

времена геологической истории—в архейскую эру, и в очень отдаленные времена созданные этим процессом горы были разрушены до их оснований. Уже в палеозойную эру движения, создавшие эти складки, уже больше не обнаруживались, и эти смятые области земной коры окончательно отвердели настолько, что накоплявшиеся в этих областях напряжения не могли разрешиться образованием новых складок. Времена огромной продолжительности протекли с тех пор, как возникли и отвердели складки вышеназванных восточно-азиатских гор. За все эти времена земля продолжала охлаждаться и сокращаться, хотя и чрезвычайно медленно. Создавшиеся таким образом нарушения равновесия разрешились, наконец, образованием дугообразных расколов и смещений, начавшимся, быть может, еще в мезозойную эру, но, главным образом, происходившим в третичный период. Образование расколов сопровождалось появлением из горячих нёдр земли вулканических продуктов. Лавовые излияния того времени были обнаружены в разных местах континентальных ступеней восточной Азии. В немногих местах этой области вулканическая деятельность проявлялась еще в недавнее, даже в историческое, время; в большей части мест она давно закончилась, магмы, проникшие по разломам, отвердели и скрепили сдвинутые массивы настолько, что в них проявляются теперь лишь небольшие запоздалые подвижки, сопровождающиеся землетрясениями. Однако движения каменных масс закончились не везде в одно и то же время. Исследования Бейли Уиллиса в северном Китае показали, что там значительные перемещения частей земной коры происходили еще в самое недавнее, в геологическом смысле, время, после эпохи отложения главных масс китайского лёсса. Рихтгофен также пришел к заключению, что южные изломы, находящиеся в пределах Китая, достигли своего нынешнего развития в очень недавнее время, и движения на восточном краю континентальных ступеней этой области продолжаются и теперь. Между Пекином и Гоанг-Го линия большого излома, ограничивающая континентальную ступень, почти точно совпадает с восточной границей сильных китайских землетрясений.

В Японии еще многие вулканы проявляют значительную деятельность; отломы древних горных массивов, слагающие эту страну, еще не пришли в полное равновесие, и остаточные запоздалые подвижки между ними обусловливают ее высокую сейсмичность.

Мы видели теперь, что красивая гирлянда Японских островов не является выражением того, что здесь проходит дуга складчатых

гор альпийского типа. Это—результат встречи двух основных тектонических направлений, свойственных Азии,—почти экваториального (южная Япония) и почти меридионального (северная Япония). Узкая и глубокая океанская впадина Тускарора не изгибается дугою вдоль всех островов, а от большого сбросового рва направляется на Ю. Ю. В., к островам Бонин, так что она обращена к океану не выпуклой, а вогнутой стороной, и с этим ее отступанием стоит в связи значительно более слабая сейсмичность южной Японии (см. рис. 30).

Мы видели, что южная Япония построена из обломков хребтов, составлявших продолжение азиатских, что северная Япония в своей значительной части построена из древних горных массивов Хидака, Китаками, Абукума (рис. 48 и 49), которые продолжались далее на юг и принадлежали другому материку, погрузившемуся в пучины величайшего океана земли. На дне этого океана еще продолжаются движения масс земной коры, возникают очаги подводных землетрясений. Великий или Тихий океан является как бы могилой раньше существовавшей здесь суши и гор, но в тишине этой могилы творится новая теллурическая жизнь, откликами которой являются землетрясения с подводными очагами. Что происходит в этих глубоких морских пучинах, раз'яснить это—задача будущего. Геология океанического дна еще слишком мало известна. Происходит ли там опускание дна в геосинклинальный прогиб, как следствие сокращения об'ема охлаждающейся земли, или, что вероятнее для японской впадины, там происходят смещения по линии раскола, создавшего японскую континентальную ступень; компенсируется ли понижение дна поднятием новых гор и образованием рядов вулканов, что вероятно для побережья Аляски и гряды Алеутских островов, как бы продолжающих собою горы Аляски,—все это вопросы, еще ожидающие новых работников на геологическом поле. Пока можно сказать только, что необычайная сейсмическая деятельность в глубоких краевых впадинах Тихого океана указывает, что там движения масс земной коры еще и теперь деятельно продолжаются.

Еще неизвестно в точности, какую роль во всех этих процессах играет раскаленная магма земли, лежащая под океанами ближе к поверхности твердой коры, чем под континентами. Едва ли, однако, можно сомневаться в том, что в подокеанской коре земли, как и на суше, происходят разломы и смещения по ним каменных масс. Об этом свидетельствуют подокеанские очаги сильнейших

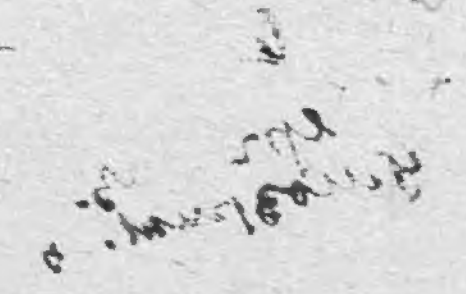
землетрясений. Такие очаги, как все более и более убеждаются геологи, связаны именно с движениями по расколам, а не с изгибами слоев в складки. Конечно, такие расколы могут происходить только в той части земной коры, которая тверда и хрупка, и свидетельствуют о том, что и подокеанская земная кора тверда на значительную глубину.

Здесь уместно упомянуть, что некоторые геологи (Ланг, Бранка, Гёрнес) обратили внимание на то, что очаги некоторых землетрясений находятся на такой большой глубине (до 300 километров), где породы земной коры должны находиться в пластическом состоянии, не допускающем разломов и смещений, и, следовательно, эти землетрясения не могут быть тектоническими; они считают, что эти землетрясения имеют свой очаг на границе твердой земной коры и пластичной глубинной магмы и обусловливаются совершающимися в глубине земли вулканическими (магматическими) процессами, быть может, изменениями в физическом состоянии и химическом равновесии магмы, сопровождающимися взрывами, быть может, вторжениями расплавленной магмы в лежащий над нею покров каменных пород. Землетрясения этого типа Гёрнес называет криптовулканическими и считает, что многие землетрясения, обычно принимаемые за тектонические, в действительности являются криптовулканическими, особенно, если они происходят в областях напряженной вулканической деятельности, как, например, Японские острова.

Японские геологи уже давно заметили, что большим землетрясениям предшествуют магнитные нарушения, так называемые магнитные бури (обыкновенно на 30 часов), которые едва ли можно приписать какой-либо другой причине, а не магматическим вторжениям. Р. Ланг считает магнитные бури характерным признаком криптовулканических или интрузионных землетрясений. Однако эти представления о криптовулканических землетрясениях не встречают общего признания. Известный современный сейсмолог Зиберг считает их умозрительными построениями, лишенными реального обоснования. Повидимому, вопрос об этом должен пока остаться открытым. Мы не будем на нем больше останавливаться, тем более, что для более полного его освещения пришлось бы коснуться еще одного основного вопроса геологии и географии,—вопроса о том, в каком состоянии находится вещество земли под ее твердой корой. Но это—очень сложный вопрос, который мы не можем рассматривать в этой книжке.

Знакомясь с природой японских землетрясений и выясняя их связь с внутренним строением и геологической историей страны, нам пришлось коснуться великой проблемы жизни земли. Здесь, в Японии и в восточной Азии, мы встретили документы, свидетельствующие о той сложной истории, которую пережила наша земля с непостижимо отдаленных времен своего существования. Нынешние землетрясения показывают, что история ее формирования еще не закончилась, еще и теперь продолжается ее жизнь, которая в минувшие времена была полна грандиознейших событий и глубочайших потрясений, сравнительно с которыми нынешние ее изменения являются совершенно ничтожными, но они все-таки указывают, что эта земля не мертва, что ее формы, ее географические черты еще не установились. Существование и морских и континентальных осадков среди мезозойных и третичных отложений Японии указывает, что за это время происходили и опускания и поднятия суши. Имеются факты, свидетельствующие о том, что и теперь происходит медленное поднятие большого острова Ниппона.

Мы видели, что и северная Сицилия, и Калабрия, и Греция, как, впрочем, и всякая другая страна, хранят в своих географических чертах ясные отметки давно-давно пережитых событий, подобно тому, как человек носит в себе наследие длинного ряда предшествовавших поколений. Мы знаем теперь, что земля представляет не мертвую, застывшую в определенных формах, каменную массу. Она жила и живет своею самостоятельною, особою жизнью, как и вся вселенная. На ней шумели моря, блистали ледники, извергались вулканы и много-много раз сменяли один другой величественные и разнообразные ландшафты за много десятков тысяч и миллионов лет до появления на ней человека. Она и еще переживет грандиозные изменения и испытает такие потрясения, с которыми нечего и сравнивать те ничтожные подвижки ее каменных масс, которые сопровождаются землетрясениями, хотя бы самыми ужасными за все историческое время. Именно землетрясения свидетельствуют нам о том, что наша планета еще не закончила цикл своего развития, что еще живы те процессы, которые создали нынешнюю физиономию земли и стремятся создать ее будущие черты, обновить ее географический лик и противодействовать той разрушительной работе атмосферы и других внешних агентов, которые стремятся превратить разнообразие и красоту пейзажей геологически молодых стран в томительное однообразие предельной равнины.



ОГЛАВЛЕНИЕ.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ.

Серия книг, издаваемая под общей редакцией: А. Д. Архангельского, Н. К. Кольцова, В. Ф. Кагана, В. А. Костицына, П. П. Лазарева и Л. А. Тарасевича. При ближайшем участии в редакционной работе: В. М. Арнольди, Т. К. Молодого, В. В. Шарвина и Э. В. Шпольского.

ВЫШЛИ В СВЕТ:

1. К. Фаянс.—Радиоактивность. Перев. и дополнен. Э. В. Шпольского. Ц. 35 к.
2. „Омоложение".—Сборник статей под редакц. Н. К. Кольцова. Ц. 2 р.
3. Э. Резерфорд.—Строение атома и искусственное разложение элементов. Собрание оригинальных работ (1919—1922). Подгот. к печ. Э. В. Шпольский. Ц. 1 р. 10 к.
4. А. Вейль.—Внутренняя секреция. Перевод Н. М. Гуляевой, под редакцией Н. К. Кольцова. Ц. 1 р. 25 к.
5. Р. Гольдшмидт.—Механизм и физиология определения пола. С добавлением автора к русскому изданию. Перев. П. И. Живаго, под ред. Н. К. Кольцова. Ц. 2 р. 20 к.
6. В. Нернст.—Мироздание в свете новых исследований. Перевод Г. С. Ландсберга. Ц. 35 к.
7. П. П. Лазарев.—Ионная теория возбуждения. Ц. 1 р. 50 к.
8. Э. Борель.—Случай. Введение в теорию вероятностей. Перевод под редакцией В. А. Костицына. Ц. 1 р. 70 к.
9. А. Вегенер.—Происхождение луны и ее кратеров. Перев. под ред. А. Д. Архангельского и В. А. Костицына. Ц. 45 к.
10. Сванте Аррениус.—Жизненный путь планет. Перевод под редакцией В. А. Костицына. Ц. 1 р. 70 к.
11. Нильс Бор.—Три статьи о спектрах и строении атомов. Перевод С. И. Вавилова. Ц. 1 р. 25 к.
12. Э. Фрейндлих.—Основы теории тяготения Эйнштейна. Ц. 80 к.
13. Т. Морган. — Структурные основы наследственности. Перевод под ред. В. Н. Лебедева. Ц. 2 р. 25 к.
14. Ф. В. Астон.—Изотопы. Перев. под ред. А. П. Афанасьева. Ц. 2 р.
15. „Омоложение". — Сборник статей под ред. Н. К. Кольцова, вып. 2. Ц. 1 р. 40 к.
16. М. В. Павлова.—Причины вымирания животных в прошедшие геологические эпохи. Ц. 1 р. 20 к.
17. Э. Кречмер.—Строение тела и характер. Ц. 2 р. 50 к.
18. А. Д. Архангельский.—Курская магнитная аномалия. Ц. 1 р. 20 к.

ПЕЧАТАЮТСЯ:

Л. Ж. Гендерсон.—Среда жизни. Перев. С. Н. Скадовского.
Ж. Перрен.—Атомы. С предисл. автора к русскому изданию.
А. Вегенер.—Происхождение континентов и океанов.
Э. Борель.—Пространство и время.
Т. И. Юдин.—Евгеника.
В. Н. Любименко.—Процесс синтеза в мире растений.
Его же. Растительные пигменты.
Р. Милликэн.—Электрон. Перевод под ред. С. И. Вавилова.

